

RECEIVED	
18 MAR 2004	
WIPO	PCT

PCT/JP2004/001150

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

04.2.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 2月 2日  
Date of Application:

出願番号 特願2004-025066  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2004-025066]

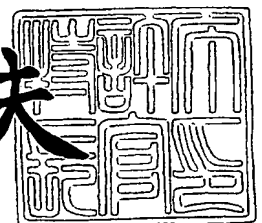
出願人 住友金属工業株式会社  
Applicant(s):

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 3月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3017031

【書類名】 特許願  
【整理番号】 00023S2345  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 C22C 9/06  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
                        住友金属工業株式会社内  
    【氏名】 前原 泰裕  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
                        住友金属工業株式会社内  
    【氏名】 米村 光治  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
                        住友金属工業株式会社内  
    【氏名】 前田 尚志  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
                        住友金属工業株式会社内  
    【氏名】 中島 敬治  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000002118  
    【氏名又は名称】 住友金属工業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100083585  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 穂上 照忠  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100093469  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 杉岡 幹二  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003- 28828  
    【出願日】 平成15年 2月 5日  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-134745  
    【出願日】 平成15年 5月13日  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-328894  
    【出願日】 平成15年 9月19日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 009519  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9710230  
    【包括委任状番号】 0301248

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

質量%で、Cr:0.01~4.0%、Ti:0.01~5.0%およびZr:0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

**【請求項 2】**

質量%で、Cr:0.01~4.0%、Ti:0.01~5.0%およびZr:0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg:0.1~5.0%を含有し、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

**【請求項 3】**

質量%で、Cr:0.01~4.0%、Ti:0.01~5.0%およびZr:0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、更に下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群:質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群:質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、WおよびGe

第3群:質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

**【請求項 4】**

質量%で、Cr:0.01~4.0%、Ti:0.01~5.0%およびZr:0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg:0.1~5.0%を含有し、更に下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群:質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群:質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、WおよびGe

第3群:質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

**【請求項 5】**

質量%で、Cr:0.01~4.0%、Ti:0.01~5.0%およびZr:0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、更にMg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

**【請求項 6】**

質量%で、Cr:0.01~4.0%、Ti:0.01~5.0%およびZr:0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg:0.1~5.0%を含有し、更にMg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

**【請求項 7】**

質量%で、Cr:0.01~4.0%、Ti:0.01~5.0%およびZr:0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、更にMg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群: 質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群: 質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、WおよびGe

第3群: 質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

【請求項8】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg: 0.1~5.0%を含有し、下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、更にMg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で100個/ $\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群: 質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群: 質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、WおよびGe

第3群: 質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

【請求項9】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびに、Bi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含有し、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で100個/ $\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

【請求項10】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg: 0.1~5.0%を含有し、更にBi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で100個/ $\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

【請求項11】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、更に下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、更にBi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で100個/ $\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群: 質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群: 質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、WおよびGe

第3群: 質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

【請求項12】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg: 0.1~5.0%を含有し、更に下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、更にBi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で100個/ $\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群: 質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群: 質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V

、WおよびGe

第3群: 質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

【請求項13】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、Mg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、更にBi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

【請求項14】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg: 0.1~5.0%を含有し、Mg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、更にBi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

【請求項15】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、Mg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、更にBi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群: 質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群: 質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V

、WおよびGe

第3群: 質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

【請求項16】

質量%で、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上、ならびにAg: 0.1~5.0%を含有し、下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含み、Mg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含み、更にBi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含み、残部がCuおよび不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを特徴とするCu合金。

第1群: 質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群: 質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V

、WおよびGe

第3群: 質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

【請求項17】

結晶粒径が $0.01\sim 35\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1から16までのいずれかに記載のCu合金。

【請求項18】

請求項1から16までのいずれかに記載の化学組成を有するCu合金を溶製し、鑄造して得た鑄片を、少なくとも鑄造直後の鑄片温度から $450^\circ\text{C}$ までの温度域において $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で冷却することを特徴とする、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒

径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であるCu合金の製造方法。

【請求項 19】

請求項 1 から 16 までのいずれかに記載の化学組成を有するCu合金を溶製し、鑄造して得た鑄片を、少なくとも鑄造直後の鑄片温度から $450^\circ\text{C}$ までの温度域において $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で冷却し、 $450^\circ\text{C}$ 以下の温度域で加工することを特徴とする、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であるCu合金の製造方法。

【請求項 20】

請求項 1 から 16 までのいずれかに記載の化学組成を有するCu合金を溶製し、鑄造して得た鑄片を、少なくとも鑄造直後の鑄片温度から $450^\circ\text{C}$ までの温度域において $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で冷却し、 $450^\circ\text{C}$ 以下の温度域で加工した後、 $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で10分～72時間保持する熱処理に供することを特徴とする、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であるCu合金の製造方法。

【請求項 21】

$450^\circ\text{C}$ 以下の温度域での加工および $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で10分～72時間保持する熱処理を複数回行うことを特徴とする請求項 20 に記載のCu合金の製造方法。

【請求項 22】

最後の熱処理の後に、 $450^\circ\text{C}$ 以下の温度域での加工を行うことを特徴とする請求項 20 または 21 に記載のCu合金の製造方法。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】Cu合金およびその製造方法

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、Pb、Cd、Be等の環境に悪影響を及ぼす元素を含まないCu合金およびその製造方法に関する。このCu合金の用途としては、電気電子部品、安全工具などが挙げられる。

## 【0002】

電気電子部品としては下記のもものが挙げられる。エレクトロニクス分野ではパソコン用コネクタ、半導体ソケット、光ピックアップ、同軸コネクタ、ICチェッカーピンなどが挙げられる。コミュニケーション分野では携帯電話部品（コネクタ、バッテリー端子、アンテナ部品）、海底中継器筐体、交換機用コネクタなどが挙げられる。自動車分野ではリレー、各種スイッチ、マイクロモータ、ダイヤフラム、各種端子類などの種々の電装部品が挙げられる。航空・宇宙分野では航空機用ランディングギアなどが挙げられる。医療・分析機器分野では医療用コネクタ、産業用コネクタなどが挙げられる。家電分野ではエアコン等家電用リレー、ゲーム機用光ピックアップ、カードメディアコネクタなどが挙げられる。

## 【0003】

安全工具としては、例えば、弾薬庫や炭坑等、火花から引火して爆発する危険性がある場所で用いられる掘削棒やスパナ、チェーンブロック、ハンマー、ドライバー、ペンチ、ニッパなどの工具がある。

## 【背景技術】

## 【0004】

従来、上記の電気電子部品に用いられるCu合金としては、Beの時効析出による強化を狙ったCu-Be合金が知られている。この合金は、引張強度と導電率の双方が優れるので、ばね用材料などとして広く使用されている。しかしながら、Cu-Be合金の製造工程およびこの合金を各種部品へ加工する工程においてBe酸化物が生成する。

## 【0005】

BeはPb、Cdに次いで環境に有害な物質である。このため、Cu合金の製造、加工においては、Be酸化物の処理工程を設ける必要があり、製造コストが上昇し、電気電子部品のリサイクル過程で問題となる。このように、Cu-Be合金は、環境問題に照らして問題のある材料である。このため、Pb、Cd、Be等の環境に有害な元素を含まず、引張強度と導電率の双方が優れる材料の出現が待望されている。

## 【0006】

元来、引張強度〔TS(MPa)〕および導電率〔純銅多結晶材の導電率に対する相対値、IACS(%)〕とを同時に高めることは困難である。このため、ユーザーの要求はいずれかの特性を重視するものが多い。このことは、例えば、実際に製造されている伸銅品の各種特性が記載された非特許文献1にも示されるところである。

## 【0007】

図1は、非特許文献1に記載されたBe等の有害元素を含まないCu合金の引張強度と導電率との関係を整理したものである。図1に示すように、従来のBe等の有害元素を含まないCu合金は、例えば、導電率が60%以上の領域では、その引張強度が250~650MPa程度と低く、引張強度が700MPa以上の領域では、その導電率が20%未満と低い。このように、従来のCu合金は、引張強度(MPa)および導電率(%)のいずれか一方のみの性能が高いものがほとんどである。しかも、引張強度が1GPa以上という高強度のものは皆無である。

## 【0008】

例えば、特許文献1には、コルソン系と呼ばれるNi<sub>2</sub>Siを析出させたCu合金が提案されている。このコルソン系合金は、その引張強度が750~820MPaで導電率が40%程度であり、Be等の環境に有害な元素を含まない合金の中では、比較的、引張強度と導電率とのバランスがよいものである。

## 【0009】

しかしながら、この合金は、その高強度化および高導電率化のいずれにも限界があり、以下に示すように製品バリエーションの点で問題が残る。この合金は、 $\text{Ni}_2\text{Si}$ の析出による時効硬化性を持つものである。そして、NiおよびSiの含有量を低減して導電率を高めると、引張強度が著しく低下する。一方、 $\text{Ni}_2\text{Si}$ の析出量を増すためにNiおよびSiを増量しても、引張強度の上昇に限界があり、しかも導電率が著しく低下する。このため、コルソン系合金は、引張強度が高い領域および導電率が高い領域での引張強度と導電率のバランスが悪くなり、ひいては製品バリエーションが狭くなる。これは、下記の理由による。

#### 【0010】

合金の電気抵抗（または、その逆数である導電率）は、電子散乱によって決定されるものであり、合金中に固溶した元素の種類によって大きく変動する。合金中に固溶したNiは、電気抵抗値を著しく上昇させる（導電率を著しく低下させる）ので、上記のコルソン系合金では、Niを増量すると導電率が低下する。一方、Cu合金の引張強度は、時効硬化作用により得られるものである。引張強度は、析出物の量が多いほど、また、析出物が微細に分散するほど、向上する。コルソン系合金の場合、析出粒子は $\text{Ni}_2\text{Si}$ のみであるため、析出量の面でも、分散状況の面でも、高強度化に限界がある。

#### 【0011】

特許文献2にはCr、Zr等の元素を含み、表面硬さおよび表面粗さを規定したワイヤーボンディング性の良好なCu合金が開示されている。その実施例に記載されるように、このCu合金は、熱間圧延および溶体化処理を前提として製造されるものである。

#### 【0012】

しかし、熱間圧延を行うには、熱間割れ防止やスケール除去のために表面手入れの必要があり、歩留が低下する。また、大気中で加熱されることが多いので、Si、Mg、Al等の活性な添加元素が酸化しやすい。このため、生成した粗大な内部酸化物が最終製品の特性劣化を招くなど、問題が多い。さらに、熱間圧延や溶体化処理には、膨大なエネルギーを必要とする。このように、引用文献2に記載のCu合金では、熱間加工および溶体化処理を前提とするので、製造コストの低減および省エネルギー化等の観点からの問題があるとともに、粗大な酸化物の生成等に起因する製品特性（引張強度および導電率のほか、曲げ加工性や疲労特性など）が劣化するという問題を招来する。

#### 【0013】

図2、3および4は、それぞれTi-Cr二元系状態図、Cr-Zr二元系状態図およびZr-Ti二元系状態図である。これらの図からも明らかなように、Ti、CrまたはZrを含むCu合金では、凝固後の高温域でTi-Cr、Cr-ZrまたはZr-Ti化合物が生成しやすく、これらの化合物は析出強化に有効な $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Crまたは金属Zrの微細析出を妨げる。換言すれば、熱間圧延等の熱間プロセスを経て製造されたCu合金の場合、析出強化が不十分でかつ、延性や靱性に乏しい材料しか得られない。このことから、特許文献2に記載されるCu合金には製品特性上の問題を有するのである。

#### 【0014】

一方、前記の安全工具用材料としては、工具鋼に匹敵する機械的性質、例えば強度や耐摩耗性が要求されるとともに、爆発の原因となる火花が出ないこと、すなわち耐火花発生性に優れることが要求される。このため、安全工具用材料にも、熱伝導性の高いCu合金、特にBeの時効析出による強化を狙ったCu-Be合金が多用されてきた。前述のように、Cu-Be合金は環境上の問題が多い材料であるが、それにもかかわらず、Cu-Be合金が安全工具用材料として多用されてきたのは次の理由による。

#### 【0015】

図5は、Cu合金の導電率〔IACS (%)〕と熱伝導度〔TC (W/m・K)〕との関係を示す図である。図5に示すように、両者はほぼ1:1の関係にあり、導電率〔IACS (%)〕を高めることは熱伝導度〔TC (W/m・K)〕を高めること、言い換えれば耐火花発生性を高めることに他ならない。工具の使用時に打撃等による急激な力が加わると、火花が発生するのは、衝撃等により発生する熱によって合金中の特定の成分が燃焼するためである。非特許文献2に記載のとおり、鋼は、その熱伝導度がCuのその1/5以下と低いため、局所的な



温度上昇が発生しやすい。鋼は、Cを含有するので、「 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ 」の反応を起こして火花が発生させるのである。事実、Cを含有しない純鉄では火花が発生しないことが知られている。他の金属で火花が発生しやすいのは、TiまたはTi合金である。これは、Tiの熱伝導度がCuのその1/20と極めて低く、しかも、「 $Ti + O_2 \rightarrow TiO_2$ 」の反応が起るためである。なお、図5は、非特許文献1に示されるデータを整理したものである。

#### 【0016】

しかし、前述のように導電率〔IACS (%)〕と引張強さ〔TS (MPa)〕とはトレードオフの関係にあり、両者を同時に高めることは極めて困難で、従来にあっては工具鋼並みの高い引張強度を有しながら十分に高い熱伝導度TCを具備するCu合金としては、上記のCu-Be合金以外になかったためである。

#### 【0017】

【特許文献1】特許第2572042号公報

#### 【0018】

【特許文献2】特許第2714561号公報

【非特許文献1】伸銅品データブック、平成9年8月1日、日本伸銅協会発行、328～355頁

【非特許文献2】工業加熱、Vol.36、No.3(1999)、(社)日本工業炉協会発行、59頁

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0019】

本発明の第1の目的は、Be等の環境に有害な元素を含まないCu合金であって、製品バリエーションが豊富であり、高温強度および加工性にも優れ、更に、安全工具用材料に要求される性能、即ち、熱伝導度、耐摩耗性および耐火花発生性にも優れるCu合金を提供することにある。本発明の第2の目的は、上記のCu合金の製造方法を提供することである。

#### 【0020】

「製品バリエーションが豊富である」とは、添加量および／または製造条件を微調整することにより、導電率および引張強度のバランスをBe添加Cu合金と同程度またはそれ以上の高いレベルから、従来知られているCu合金と同程度の低いレベルまで調整することができることを意味する。

#### 【0021】

なお、「導電率および引張強度のバランスがBe添加Cu合金と同程度またはそれ以上の高いレベルである」とは、具体的には下記の(a)式を満足するような状態を意味する。以下、この状態を「引張強度と導電率のバランスが極めて良好な状態」と呼ぶこととする。

#### 【0022】

$$TS \geq 648.06 + 985.48 \times \exp(-0.0513 \times IACS) \quad \dots (a)$$

但し、(a)式中のTSは引張強度 (MPa) を意味し、IACSは導電率 (%) を意味する。

#### 【0023】

Cu合金には、上記のような引張強度および導電率の特性のほか、ある程度の高温強度も要求される。これは、例えば、自動車やコンピュータに用いられるコネクタ材料は、200℃以上の環境に曝されることがあるからである。純Cuは、200℃以上に加熱されると室温強度が大幅に低下し、もはや所望のばね特性を維持できないが、上記のCu-Be系合金やコルソン系合金では、400℃まで加熱された後でも室温強度はほとんど低下しない。

#### 【0024】

従って、高温強度としては、Cu-Be系合金等と同等のレベルであることを目標とする。具体的には、加熱試験前後での硬度の低下率が50%となる加熱温度を耐熱温度と定義し、耐熱温度が400℃以上であることを高温強度が優れることとする。より好ましい耐熱温度は500℃以上である。

#### 【0025】

曲げ加工性についてもCu-Be系合金等と同等のレベル以上であることを目標とする。具体的には、試験片に様々な曲率半径で90°曲げ試験を実施し、割れが発生しない最小の曲

率半径  $R$  を測定し、これと板厚  $t$  との比  $B (=R/t)$  により曲げ加工性を評価できる。曲げ加工性の良好な範囲は、引張強度  $TS$  が  $800\text{MPa}$  以下の板材では  $B \leq 2.0$  を満たすもの、引張強度  $TS$  が  $800\text{MPa}$  を超える板材では下記の (b) 式を満たすものとする。

【0026】

$$B \leq 41.2686 - 39.4583 \times \exp[-\{(TS - 615.675) / 2358.08\}^2] \quad \dots (b)$$

【0027】

安全工具としての Cu 合金には、上記のような引張強度  $TS$  および導電率  $IACS$  の特性のほか、耐摩耗性も要求される。従って、耐摩耗性としても、工具鋼と同等のレベルであることを目標とする。具体的には、室温下における硬さがビッカース硬さで 250 以上であることを耐摩耗性が優れることとする。

【課題を解決するための手段】

【0028】

本発明は、下記の (1) に示す Cu 合金および下記の (2) に示す Cu 合金の製造方法を要旨とする。

【0029】

(1) 質量%で、Cr: 0.1~4.0%、Ti: 0.1~5.0% および Zr: 0.1~5.0% の中から選ばれた 2 種以上を含有し、残部が Cu および不純物からなり、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が  $10\mu\text{m}$  以上のものの単位面積当たりの個数が合計で  $100\text{個}/\text{mm}^2$  以下であることを特徴とする Cu 合金。

【0030】

この Cu 合金は、Cu の一部に代えて、次の (a)、(b)、(c) および (d) の中の少なくとも 1 つから選んだ 1 種以上の成分を含むことができる。特に、この合金は結晶粒径が  $0.01 \sim 35\mu\text{m}$  であることが望ましい。

【0031】

(a) Ag: 0.1~5.0%、

(b) 下記の第 1 群から第 3 群までのうち少なくとも 1 つの群から選ばれた 1 種以上の成分を総量で 5.0% 以下、

第 1 群: 質量%で、それぞれ 0.001~0.5% の P および B

第 2 群: 質量%で、それぞれ 0.01~5.0% の Sn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、W および Ge

第 3 群: 質量%で、それぞれ 0.01~3.0% の Zn、Ni、Te および Se

(c) Mg、Li、Ca および希土類元素の中から選ばれた 1 種以上を合計で 0.001~2.0%、

(d) Bi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、Au および Ga の中から選ばれた 1 種以上を総量で 0.001~0.3%。

【0032】

(2) 上記の (1) に記載の化学組成を有する Cu 合金を溶製し、鑄造して得た鑄片を、少なくとも鑄造直後の鑄片温度から  $450^\circ\text{C}$  までの温度域において  $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$  以上の冷却速度で冷却することを特徴とする、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が  $10\mu\text{m}$  以上のものの単位面積当たりの個数が合計で  $100\text{個}/\text{mm}^2$  以下である Cu 合金の製造方法。

【0033】

上記の冷却の後に、 $450^\circ\text{C}$  以下の温度域での加工、または更に、 $280 \sim 550^\circ\text{C}$  の温度域で 10 分~72 時間保持する熱処理を施すことが望ましい。 $450^\circ\text{C}$  以下の温度域での加工および  $280 \sim 550^\circ\text{C}$  の温度域で 10 分~72 時間保持する熱処理は、複数回実施してもよい。また、最後の熱処理の後に、 $450^\circ\text{C}$  以下の温度域での加工を実施してもよい。

【0034】

本発明において析出物とは、例えば  $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属 Cr、金属 Zr、金属 Ag 等であり、介在物とは、例えば Cr-Ti 化合物、Ti-Zr 化合物または Zr-Cr 化合物、金属酸化物、金属炭化物、金属窒化物等である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、以下の説明において、各元素の含有量についての「%」は「質量%」を意味する。

【0036】

1. 本発明のCu合金について

(A) 化学組成について

本発明のCu合金の1つは、Cr: 0.01~4.0%、Ti: 0.01~5.0%およびZr: 0.01~5.0%の中から選ばれた2種以上を含有し、残部がCuおよび不純物からなる化学組成を有する。

【0037】

Cr: 0.01~4.0%

Crの含有量が0.01%を下回ると、強度が不十分となるとともに、TiまたはZrを0.01%以上含有させても強度と導電率のバランスがよい合金が得られない。特に、Be添加Cu合金と同程度またはそれ以上の引張強度と導電率のバランスが極めて良好な状態を得るためには、0.1%以上含有させるのが望ましい。一方、Cr含有量が4.0%を超えると、金属Crが粗大に析出して曲げ特性、疲労特性等に悪影響を及ぼす。従って、Cr含有量を0.01~4.0%と規定した。

【0038】

Ti: 0.01~5.0%

Tiの含有量が0.01%未満の場合、CrまたはZrを0.01%以上含有させても十分な強度が得られない。しかし、その含有量が5.0%を超えると、強度は上昇するものの導電性が劣化する。さらに、鑄造時にTiの偏析を招いて均質な鑄片が得られにくくなって、その後の加工時に割れや欠けが発生しやすくなる。従って、Tiの含有量を0.01~5.0%とした。なお、Tiは、Crの場合と同様に、引張強度と導電率のバランスが極めて良好な状態を得るためには、0.1%以上含有させるのが望ましい。

【0039】

Zr: 0.01~5.0%

Zrは、0.01%未満ではCrまたはTiを0.01%以上含有させても十分な強度が得られない。しかし、その含有量が5.0%を超えると、強度は上昇するものの導電性が劣化する。しかも、鑄造時にZrの偏析を招いて均質な鑄片が得られにくくなるので、その後の加工時にも割れや欠けが発生しやすくなる。従って、Zrの含有量を0.01~5.0%とした。なお、Zrは、Crの場合と同様に、引張強度と導電率のバランスが極めて良好な状態を得るためには、0.1%以上含有させるのが望ましい。

【0040】

本発明のCu合金は、上記の化学成分を有し、Cuの一部に代えて、Agを0.1~5.0%含有するのが望ましい。

【0041】

AgはCuマトリックスに固溶した状態でも導電性を劣化させにくい元素である。また、金属Agは、微細析出によって強度を上昇させる。Cr、TiおよびZrの中から選ばれた2種以上と同時に添加すると、析出硬化に寄与するCu<sub>4</sub>Ti、Cu<sub>9</sub>Zr<sub>2</sub>、ZrCr<sub>2</sub>、金属Cr、金属Zrまたは金属Agといった析出物をより微細に析出させる効果がある。この効果は0.1%以上で顕著となるが、5.0%を超えると飽和して、合金のコスト上昇を招く。従って、Agの含有量は0.1~5.0%するのが望ましい。更に望ましいのは、2.0%以下である。

【0042】

本発明のCu合金は、耐食性および耐熱性を向上させる目的で、Cuの一部に代えて、下記の第1群から第3群までのうち少なくとも1つの群から選ばれた1種以上の成分を総量で5.0%以下含有するのが望ましい。

【0043】

第1群: 質量%で、それぞれ0.001~0.5%のPおよびB

第2群: 質量%で、それぞれ0.01~5.0%のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、WおよびGe

第3群: 質量%で、それぞれ0.01~3.0%のZn、Ni、TeおよびSe

## 【0044】

これらの元素は、いずれも強度と導電率のバランスを維持しつつ、耐食性および耐熱性を向上させる効果を有する元素である。この効果は、それぞれ0.001%以上のPおよびBならびに、それぞれ0.01%以上のSn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、W、Ge、Zn、Ni、Te、SeおよびSrがそれぞれ含有されているときに発揮される。しかし、これらの含有量が過剰な場合には、導電率が低下する。従って、これらの元素を含有させる場合には、PおよびBは0.001~0.5%、Sn、Mn、Fe、Co、Al、Si、Nb、Ta、Mo、V、WおよびGeは0.01~5.0%、Zn、Ni、TeおよびSeは0.01~3.0%とするのが望ましい。特にSnはTi-Snの金属間化合物を微細析出させて高強度化に寄与するので、積極的に利用するのが好ましい。

## 【0045】

さらに、これらの元素の含有量が上記の範囲内であっても、総量が5.0%を超えると、導電性が劣化する。従って、上記の元素の一種以上を含有させる場合には、その総量を5.0%以下に範囲内に制限する必要がある。望ましい範囲は、0.01~2.0%である。

## 【0046】

本発明のCu合金は、高温強度を上げる目的で、Cuの一部に代えて、更にMg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を合計で0.001~2.0%含むのが望ましい。以下、これらを「第4群元素」とも呼ぶ。

## 【0047】

Mg、Li、Caおよび希土類元素は、Cuマトリックス中の酸素原子と結びついて微細な酸化物を生成して高温強度を上げる元素である。その効果は、これらの元素の合計含有量が0.001%以上のときに顕著となる。しかし、その含有量が2.0%を超えると、上記の効果が飽和し、しかも導電率を低下させ、曲げ加工性を劣化させる等の問題がある。従って、Mg、Li、Caおよび希土類元素の中から選ばれた1種以上を含有させる場合の合計含有量は0.001~2.0%が望ましい。なお、希土類元素は、Sc、Yおよびランタノイドを意味し、それぞれの元素の単体を添加してもよく、また、ミッシュメタルを添加してもよい。

## 【0048】

本発明のCu合金は、合金の casting 時の液相線と固相線の幅 ( $\Delta T$ ) を広げる目的で、Cuの一部に代えて、Bi、Tl、Rb、Cs、Sr、Ba、Tc、Re、Os、Rh、In、Pd、Po、Sb、Hf、AuおよびGaの中から選ばれた1種以上を総量で0.001~0.3%含むのが望ましい。以下、これらを「第5群元素」とも呼ぶ。

## 【0049】

これらの元素は、いずれも固相線を低下させて  $\Delta T$  を広げる効果がある。この幅  $\Delta T$  が広がると、 casting 後から凝固するまでに一定時間を確保できるので、 casting が容易になるが、  $\Delta T$  が広すぎると、低温域での耐力が低下し、凝固末期に割れが生じる、いわゆるハンド脆性が生じる。このため、  $\Delta T$  は50~200℃の範囲とするのが好ましい。

## 【0050】

C、NおよびOは通常不純物として含まれる元素である。これらの元素は合金中の金属元素と炭化物、窒化物および酸化物を形成する。これらの析出物または介在物が微細であれば、後述するCu<sub>4</sub>Ti、Cu<sub>9</sub>Zr<sub>2</sub>、ZrCr<sub>2</sub>、金属Cr、金属Zrまたは金属Ag等の析出物と同様に合金の強化、特に高温強度を上げる作用がある。しかし、これらの元素がそれぞれ1%を超えると粗大析出物または介在物となり、延性を低下させる。よって、それぞれ1%以下に制限することが好ましい。更に好ましいのは、0.1%以下である。

## 【0051】

(B) 析出物および介在物の合計個数について

本発明のCu合金においては、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が10  $\mu$ m以上のものの単位面積当たりの個数が合計で100個/mm<sup>2</sup>以下であることが必要である。

## 【0052】

本発明のCu合金では、Cu<sub>4</sub>Ti、Cu<sub>9</sub>Zr<sub>2</sub>、ZrCr<sub>2</sub>、金属Cr、金属Zrまたは金属Agを微細に析出させることによって、導電率を低下させることなく強度を向上させることができる。

これらは、析出硬化により強度を高める。固溶したCr、TiおよびZrは析出によって減少してCuマトリックスの導電性が純Cuのそれに近づく。

【0053】

しかし、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zr、金属Ag、Cr-Ti化合物、Ti-Zr化合物またはZr-Cr化合物の粒径が $10\mu\text{m}$ 以上と粗大に析出すると、延性が低下して例えばコネクタへの加工時の曲げ加工や打ち抜き時に割れや欠けが発生し易くなる。また、使用時に疲労特性や耐衝撃特性に悪影響を及ぼすことがある。特に、凝固後の冷却時に粗大なTi-Cr化合物が生成すると、その後の加工工程で割れや欠けが生じやすくなる。また、時効処理工程で硬さが増加しすぎるので、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agの微細析出を阻害し、Cu合金の高強度化ができなくなる。このような問題は、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 未満の場合に顕著となる。

【0054】

このため、本発明では、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることを必須要件として規定した。望ましい個数は、 $50\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であり、更に望ましいのは、 $10\text{個}/\text{mm}^2$ 以下である。なお、これらの粒径および個数は、実施例に示す方法により求めることができる。

【0055】

(C) 結晶粒径について

Cu合金の結晶粒径を細かくすると、高強度化に有利であるとともに、延性も向上して曲げ加工性などが向上する。しかし、結晶粒径が $0.01\mu\text{m}$ を下回ると高温強度が低下しやすくなり、 $35\mu\text{m}$ を超えると延性が低下する。従って、結晶粒径は $0.01\sim 35\mu\text{m}$ であるのが望ましい。

【0056】

2. 本発明のCu合金の製造方法について

本発明のCu合金においては、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agの微細析出を妨げるCr-Ti化合物、Ti-Zr化合物、Zr-Cr化合物等の介在物が鑄片の凝固直後の時点で生成しやすい。このような介在物は、仮に、鑄造後に溶体化処理を施し、この溶体化温度を上げて固溶化させるのは困難である。高温での溶体化処理は、介在物の凝集、粗大化を招くのみである。

【0057】

そこで、本発明のCu合金の製造方法においては、上記の化学組成を有するCu合金を溶製し、鑄造して得た鑄片を、少なくとも鑄造直後の鑄片温度から $450^\circ\text{C}$ までの温度域において、 $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で冷却することによって、合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることとした。

【0058】

この冷却後には、 $450^\circ\text{C}$ 以下の温度域で加工、または、この加工の後に $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で10分～72時間保持する熱処理に供することが望ましい。 $450^\circ\text{C}$ 以下の温度域での加工および $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で10分～72時間保持する熱処理を複数回行うことが更に望ましい。最後の熱処理の後に、上記の加工を施してもよい。

【0059】

(A) 少なくとも鑄造直後の鑄片温度から $450^\circ\text{C}$ までの温度域における冷却速度： $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上

Cr-Ti化合物、Ti-Zr化合物、Zr-Cr化合物等の介在物、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agは $280^\circ\text{C}$ 以上の温度域で生成する。特に、鑄造直後の鑄片温度から $450^\circ\text{C}$ までの温度域における冷却速度が遅いと、Cr-Ti化合物、Ti-Zr化合物、Zr-Cr化合物等の介在物が粗大に生成し、その粒径が $10\mu\text{m}$ 以上、更には数百 $\mu\text{m}$ に達することがある。また、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agも $10\mu\text{m}$ 以上に粗大化する。このような粗大な析出物および介在物が生成した状態では、その後の加工時に割れや

折れが発生する恐れがあるだけでなく、時効工程での $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agの析出硬化作用が損なわれ、合金を高強度化できなくなる。従って、少なくともこの温度域においては、 $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で鋳片を冷却する必要がある。冷却速度は大きい程よく、好ましい冷却速度は、 $2^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上であり、さらに好ましいのは $10^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上である。

#### 【0060】

(B) 冷却後の加工温度： $450^\circ\text{C}$ 以下の温度域

本発明のCu合金の製造方法においては、鑄造して得た鋳片は、所定の条件で冷却された後、熱間圧延や溶体化処理等の熱間プロセスを経ることなく、加工と時効熱処理の組み合わせのみによって最終製品に至る。

#### 【0061】

圧延、線引き等の加工は、 $450^\circ\text{C}$ 以下であればよい。例えば、連続鑄造を採用する場合には、凝固後の冷却過程でこれらの加工を行ってもよい。 $450^\circ\text{C}$ を超える温度域で加工を行うと、加工時に $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agが粗大に析出し、最終製品の延性、耐衝撃性、疲労特性を低下させる。また、加工時に上記の析出物が粗大に析出すると、時効処理で $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agを微細に析出させることができなくなり、Cu合金の高強度化が不十分となる。

#### 【0062】

加工温度は、低いほど加工時の転位密度が上昇するので、引き続いて行う時効処理で $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Ag等をより微細に析出させることができる。このため、より高い強度をCu合金に与えることができる。従って、好ましい加工温度は、 $250^\circ\text{C}$ 以下であり、より好ましいのは $50^\circ\text{C}$ 以下である。 $25^\circ\text{C}$ 以下でもよい。

#### 【0063】

なお、上記の温度域での加工は、その加工率（断面減少率）を20%以上として行うことが望ましい。より好ましいのは50%以上である。このような加工率での加工を行えば、それによって導入された転位が時効処理時に析出核となるので、析出物の微細化をもたらし、また、析出に要する時間を短縮させ、導電性に有害な固溶元素の低減を早期に実現できる。

#### 【0064】

(C) 時効処理条件： $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で10分～72時間保持する

時効処理は、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agを析出させてCu合金を高強度化し、あわせて導電性に害を及ぼす固溶元素（Cr、Ti等）を低減して導電率を向上させるのに有効である。しかし、その処理温度が $280^\circ\text{C}$ 未満の場合、析出元素の拡散に長時間を要し、生産性を低下させる。一方、処理温度が $550^\circ\text{C}$ を超えると、析出物が粗大になりすぎて、析出硬化作用による高強度化ができないばかりか、延性、耐衝撃性および疲労特性が低下する。このため、時効処理を $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で行うことが望ましい。望ましい時効処理温度は $300\sim 450^\circ\text{C}$ であり、更に望ましいのは、 $350\sim 400^\circ\text{C}$ である。

#### 【0065】

時効処理時間が10分未満の場合、時効処理温度を高く設定しても所望の析出量を確保できず、72時間を超えると処理費用がかさむ。従って、 $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で時効処理を10分～72時間の範囲で行うのが望ましい。典型的な時効処理時間は、1～5時間である。

#### 【0066】

なお、時効処理は、表面の酸化によるスケールの発生を防ぐために、還元性雰囲気中、不活性ガス雰囲気中または20Pa以下の真空中で行うのがよい。このような雰囲気下での処理によって優れたメッキ性も確保される。

#### 【0067】

上記の加工と時効処理は、必要に応じて、繰り返して行ってもよい。繰り返し行えば、1回の処理（加工および時効処理）で行うよりも、短い時間で所望の析出量を得ることができ、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Agをより微細に析出させることができる。このとき、例えば、処理を2回繰り返して行う場合には、1回目の時効処理温

度よりも2回目の時効処理温度を若干低くする(20~70℃低くする)のがよい。このような熱処理を行うのは、2回目の時効処理温度の方が高い場合、1回目の時効処理の際に生成した析出物が粗大化するからである。3回目以降の時効処理においても、上記と同様に、その前に行った時効処理温度より低くするのが望ましい。

#### 【0068】

##### (D) その他

本発明のCu合金の製造方法において、上記の製造条件以外の条件、例えば溶解、鑄造等の条件については特に限定はないが、例えば、下記のように行えばよい。

#### 【0069】

溶解は、非酸化性または還元性の雰囲気下で行うのがよい。これは、溶銅中の固溶酸素が多くなると後工程で、水蒸気が生成してブリストアが発生する、いわゆる水素病などが起こるからである。また、酸化しやすい固溶元素、例えば、Ti、Cr等の粗大酸化物が生成し、これが最終製品まで残存すると、延性や疲労特性を著しく低下させる。

#### 【0070】

鑄片を得る方法は、生産性や凝固速度の点で連続鑄造が好ましいが、上述の条件を満たす方法であれば、他の方法、例えばインゴット法でも構わない。また、好ましい鑄込温度は、1250℃以上である。さらに好ましいのは1350℃以上である。この温度であれば、Cr、TiおよびZrを十分溶解させることができ、またCr-Ti化合物、Ti-Zr化合物、Zr-Cr化合物等の介在物、 $\text{Cu}_4\text{Ti}$ 、 $\text{Cu}_9\text{Zr}_2$ 、 $\text{ZrCr}_2$ 、金属Cr、金属Zrまたは金属Ag等を生成させないからである。

#### 【0071】

連続鑄造により鑄片を得る場合には、銅合金で通常行われる黒鉛モールドを用いる方法が潤滑性の観点から推奨される。モールド材質としては主要な合金元素であるTi、CrまたはZrと反応しにくい耐火物、例えばジルコニアを用いてもよい。

#### 【実施例1】

#### 【0072】

表1~4に示す化学組成を有するCu合金を高周波溶解炉にて真空溶製し、ジルコニア製の鑄型に深さ15mmまで鑄込み、鑄片を得た。希土類元素は、各元素の単体またはミッシュメタルを添加した。

#### 【0073】

【表 1】

表 1

合金 No.	化学組成(質量%, 残部: Cuおよび不純物)				合金 No.	化学組成(質量%, 残部: Cuおよび不純物)			
	Cr	Ti	Zr	Ag		Cr	Ti	Zr	Ag
1	5.60*	0.02	—	6.01*	31	—	1.01	3.01	—
2	4.50*	6.01*	0.05	—	32	—	3.00	2.99	—
3	5.40*	0.08	5.20*	—	33	0.10	4.99	2.98	—
4	4.62*	—	5.99*	—	34	0.11	5.00	0.10	2.10
5	0.11	0.10	5.00	—	35	0.12	—	0.99	—
6	0.12	1.01	—	5.00	36	0.18	—	2.99	—
7	0.18	2.98	—	—	37	0.10	—	4.99	—
8	0.10	4.98	—	—	38	1.01	2.00	0.11	—
9	1.00	0.12	—	—	39	0.99	—	1.02	—
10	1.02	0.99	0.50	0.25	40	1.01	—	2.99	0.25
11	1.02	2.99	0.10	—	41	0.99	—	5.00	—
12	2.01	0.11	—	—	42	2.00	—	0.12	—
13	1.99	1.01	—	—	43	1.97	—	0.98	—
14	2.99	0.12	—	0.10	44	2.01	—	3.01	—
15	3.00	1.00	—	—	45	1.99	—	4.99	0.10
16	2.98	3.01	—	—	46	3.01	—	0.10	1.00
17	2.99	4.98	—	—	47	3.01	—	1.01	—
18	—	0.10	0.11	3.40	48	2.99	—	3.00	—
19	—	0.99	0.12	—	49	2.98	—	4.99	—
20	—	2.99	0.18	—	50	2.50	0.01	—	—
21	—	4.99	0.10	—	51	0.06	0.01	—	—
22	—	0.11	1.01	—	52	0.99	1.50	—	0.04
23	0.50	1.02	0.99	—	53	0.01	0.07	—	5.00
24	—	2.52	1.52	—	54	—	0.01	0.02	—
25	—	5.00	0.99	0.25	55	—	0.03	0.05	0.02
26	—	0.12	2.00	—	56	—	0.05	0.01	—
27	—	0.98	1.97	—	57	0.02	—	1.99	0.01
28	—	3.01	2.01	—	58	0.98	1.50	0.01	—
29	—	4.99	1.99	—	59	1.02	2.00	0.06	—
30	—	0.10	3.01	—	60	0.02	—	2.00	—

\*は、本発明で規定される範囲を外れることを意味する。

【0074】



【表2】

表 2

合金 No.	化学組成(質量%, 残部: Cuおよび不純物)										第5群 元素合計
	Cr	Ti	Zr	Ag	第1群元素	第2群元素	第3群元素	第1~3群 元素合計	第4群元素	第4群 元素合計	
61	1.03	1.56	—	—	P<0.001	—	—	0.001	Li<0.01	0.010	—
62	0.97	2.00	—	0.22	—	—	—	4.50	—	—	—
63	0.98	1.99	—	—	—	—	—	5.00	—	—	—
64	1.01	2.05	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—
65	0.99	1.99	0.10	—	—	—	—	5.00	—	—	0.300
66	1.01	2.02	0.49	—	—	—	—	5.00	—	—	—
67	1.02	2.01	0.72	—	—	—	—	0.32	—	—	0.011
68	0.99	1.98	—	—	—	—	—	0.00	—	—	0.050
69	1.03	1.93	—	—	—	—	—	1.02	—	—	—
70	1.01	1.95	—	—	—	—	—	5.00	—	—	—
71	1.01	2.00	—	—	—	—	—	0.64	—	—	0.010
72	1.02	1.98	—	—	—	—	—	3.50	—	—	—
73	0.98	2.01	—	0.10	—	—	—	0.22	—	—	—
74	1.02	1.98	0.35	—	—	—	—	0.58	—	—	—
75	0.99	1.99	0.52	—	—	—	—	0.79	—	—	—
76	1.01	1.98	—	—	—	—	—	2.62	—	—	—
77	0.99	1.98	—	—	—	—	—	3.26	—	—	—
78	0.98	2.02	—	5.00	—	—	—	2.00	—	—	—
79	0.98	1.79	—	—	—	—	—	0.04	—	—	—
80	1.02	2.02	—	—	—	—	—	1.13	—	—	—
81	1.03	1.99	—	—	—	—	—	0.80	—	—	—
82	0.99	2.01	3.00	—	—	—	—	3.50	—	—	—
83	1.00	1.99	—	—	—	—	—	3.00	—	—	—
84	0.98	2.00	—	—	—	—	—	3.00	—	—	—
85	1.02	2.01	1.01	—	—	—	—	5.00	—	—	—
86	—	1.99	1.00	—	—	—	—	5.00	—	—	—
87	0.99	1.50	—	—	—	—	—	0.41	—	—	—
88	—	1.99	0.99	—	—	—	—	0.26	—	—	—
89	—	1.99	0.99	—	—	—	—	0.311	—	—	—
90	0.08	1.95	1.08	—	—	—	—	2.08	—	—	—

【 0 0 7 5 】

【表3】

表 3

表3

化学組成(質量%, 炭素: Cuおよび不純物)

合金	第1~3群元素合計										第4群元素	第4群元素合計	第5群元素	第5群元素合計
No.	Cr	Ti	Zr	Ag	第1群元素	第2群元素	第3群元素	第1~3群元素合計		第4群元素	第4群元素合計	第5群元素	第5群元素合計	
91	0.49	2.01	1.00	—	—	V:0.01	Ni:0.01, Te:0.01	0.03		—	—	—	—	
92	0.73	2.01	1.00	—	—	Sn:0.31, Fe:0.31, Si:0.39	Zn:0.01	1.02		—	—	In:0.24	0.240	
93	—	2.01	0.99	—	—	Sn:0.45	—	0.45		—	—	—	—	
94	—	1.99	0.98	—	—	Sn:1.00, Si:0.01	—	1.01		—	—	—	—	
95	—	2.00	0.97	—	—	Al:2.00, W:0.01	—	2.01		—	—	—	—	
96	—	2.00	0.99	—	—	Co:0.01, Ge:3.10	—	3.11		—	—	—	—	
97	—	2.00	0.99	—	—	Sn:0.20, Co:0.40, Si:0.47	—	1.07		—	—	—	—	
98	—	1.98	1.00	—	B:0.100	—	Te:1.46	1.56		—	—	—	—	
99	0.29	1.99	1.01	—	—	Co:2.00	—	2.00		—	—	—	—	
100	0.45	1.99	1.01	—	—	Si:0.40	Se:1.52	1.92		—	—	Sb:0.010, In:0.01	0.020	
101	—	1.99	1.01	—	—	Mn:0.01, Si:0.05	—	0.06		—	—	—	—	
102	—	2.01	0.99	—	—	Mn:0.53, Si:2.00	—	2.53		—	—	—	—	
103	—	2.01	0.99	—	—	Mn:5.00	—	5.00		—	—	—	—	
104	—	2.01	1.00	—	B:0.001	W:2.30	—	2.30		—	—	—	—	
105	—	1.98	1.00	—	—	Sn:0.01	—	0.01		—	—	—	—	
106	3.00	1.98	1.00	—	—	Ge:3.01	—	3.01		—	—	—	—	
107	—	1.98	1.00	—	—	Ta:5.00	—	5.00		—	—	—	—	
108	—	2.00	0.99	0.25	—	Si:2.00, V:1.00	Zn:0.50	3.50		—	—	—	—	
109	1.02	2.00	1.01	—	—	Fe:0.10, Al:1.00, Si:1.00	Se:0.01	2.11		—	—	—	—	
110	1.00	—	1.99	—	—	Mo:5.00	—	5.00		—	—	Sb:0.1, Hf:0.01	0.110	
111	0.98	—	2.01	—	—	—	Zn:3.00	3.00		—	—	—	—	
112	0.99	—	1.99	—	—	Al:3.52, Si:0.04	—	3.56		—	—	—	—	
113	0.99	1.00	2.01	—	—	Fe:3.20	Ni:1.00	4.20		—	—	—	—	
114	1.00	0.51	2.00	0.25	—	Sn:1.50	Ni:1.00	2.50		—	—	—	—	
115	1.01	0.75	2.01	—	—	W:5.00	—	5.00		—	—	—	—	
116	1.02	—	1.98	—	—	Sr:0.2, V:0.5	—	0.70		Mn:0.25	0.25	—	—	
117	1.08	—	2.03	—	—	Sn:0.4, Nb:2.01	—	2.41		Sc:0.3, Gd:0.2	0.5	—	—	
118	0.99	—	1.99	—	—	—	Te:0.45	0.45		—	—	In:0.1, Bi:0.12	0.220	
119	0.98	—	2.01	—	—	Sn:0.41, Mn:0.01, Al:0.19	—	0.61		—	—	—	—	
120	1.01	—	2.01	—	—	Sn:0.19, Si:0.48	Zn:0.01	0.68		—	—	—	—	

Mmは、ミッシュメタルを意味する。

【0076】

【表4】

表 4

合金 No.	化学組成(質量%, 添数: Cuおよび不純物)										第5群 元素合計
	Cr	Ti	Zr	Ag	第1群元素	第2群元素	第3群元素	第1~3群 元素合計	第4群元素	第4群 元素合計	
121	1.02	—	1.98	—	B:0.020	Ta:2.20	—	2.22	—	—	0.035
122	1.01	0.31	2.01	—	—	Co:5.00	—	5.00	—	—	
123	1.00	0.49	1.98	—	—	Si:0.39	—	0.39	—	—	
124	1.00	—	2.02	—	P:0.500	—	—	0.50	Nd:0.3, Ce:0.1	0.4	
125	0.99	—	2.01	0.25	B:0.100	Si:1.00, Ta:0.99	Se:1.00	3.09	—	—	
126	0.97	—	2.01	—	—	Mn:0.52, Si:2.00	—	2.52	—	—	0.130
127	1.02	—	1.99	—	—	Si:1.00, Nb:0.50, V:0.50, W:0.50	—	3.00	—	—	
128	1.00	—	2.02	—	—	Al:0.11, Si:0.20	—	0.31	—	—	
129	1.01	—	1.98	—	—	Sn:2.41, Al:0.19, Si:0.2	—	2.80	Mn:0.3, Li:0.05	0.4	
130	0.98	3.00	2.00	—	—	Ge:5.00	—	5.00	—	—	
131	1.01	—	1.98	—	P:0.100, B:0.100	—	Zn:3.00	3.20	—	—	3.5*
132	0.97	—	2.01	3.00	—	Nb:0.01	Ni:3.00	3.01	—	—	
133	0.99	0.98	2.00	—	—	Fe:0.15, Sn:0.08	—	0.23	Ca:1.0, Li:1.0, Mg:1.0	3.0*	
134	4.10*	—	5.20*	—	B:0.050	Si:2.40	Te:1.00	3.45	—	—	
135	4.5*	5.6*	—	—	—	W:1.50, Mo:2.1	Ce:2.40, Se:3.10*	9.1*	—	—	
136	5.22*	1.25	5.32*	—	—	V:0.5, Fe:2.6	Ni:2.8	5.9*	—	—	0.080
137	4.52*	0.05	—	—	—	Si:2.01, V:0.01	—	2.02	Sc:1.6, La:1.8	3.4*	
138	4.99*	0.05	—	6.00*	—	Sn:1.20, Co:0.20, Nb:1.10, Ge:0.10	—	2.60	Y:3.4	3.4*	
139	4.20*	2.01	5.48*	—	P:0.050	Al:0.01	Se:2.40	0.06	Ca:1.2, Ce:2.8	3.0*	
140	—	5.51*	5.01*	—	P:0.100	Sn:0.50, Ta:2.40, V:1.23	Te:0.42	4.65	—	—	
141	0.01	2.02	—	—	—	—	—	—	Mg:0.01, Ca:0.001	0.011	0.060
142	1.00	1.51	—	—	—	Sn:0.4	—	0.40	—	—	
143	0.04	1.02	—	—	P:0.001	Co:0.05, Sn:0.32	—	0.37	La:0.01, Nd:0.011	0.021	
144	4.01	1.82	—	0.01	—	—	Zn:0.01	0.01	Ca:0.1, Gd:0.003	0.103	
145	1.02	1.59	—	—	—	Mn:0.5, Nb:0.21, Ta:0.01	Ni:0.05, Te:0.04	0.81	—	—	
146	2.02	2.01	0.01	—	—	Sn:0.45	Zn:0.4	0.85	—	—	0.201
147	0.05	2.49	0.02	—	—	—	Se:0.05	0.05	Sm:0.001	0.001	
148	0.03	—	4.02	4.06	B:0.002	Fe:0.02, Si:0.05	—	0.07	Ce:0.002, Li:0.1	0.102	
149	1.22	—	4.89	0.05	—	—	—	—	La:0.2	0.2	
150	2.21	—	2.03	—	—	Mo:0.01	—	0.01	—	—	

\*は、本説明で規定される範囲を外れることを意味する。

Mmは、ミッシュメタルを意味する。

【0077】

得られた鋳片を、鑄造直後の温度（鑄型から取り出した直後の温度）である900℃から450℃までの温度域において噴霧冷却により所定の冷却速度で冷却した後、切断と切削により厚さ10mm×幅80mm×長さ150mmの圧延素材を作製した。比較のために一部の圧延素材については、950℃で溶体化熱処理を行った。これらの圧延素材に室温にて圧下率80%の圧延（1回目圧延）を施して厚さ2mmの板材とし、所定の条件で時効処理（1回目時効）を施して供試材を作製した。一部の供試材については、更に、室温にて圧下率95%の圧延（2回目圧延）を行って厚さ0.1mmとし、所定の条件で時効処理（2回目時効）した。これらの製造条件を表5～9に示す。なお、表5～9において上記の溶体化処理を行った例は、比較例6、8、10、12、14および16である。

#### 【0078】

このように作製した供試材について、下記の手法により、析出物および介在物の粒径および単位面積当たりの合計個数、引張強度、導電率、耐熱温度および曲げ加工性を求めた。これらの結果を表5～9に併記する。

#### 【0079】

##### <析出物および介在物の合計個数>

各供試材の圧延面に垂直で、且つ圧延方向と平行な断面を鏡面研磨し、アンモニアおよび過酸化水素水を体積比9:1で混合した腐食液でエッチングした後、光学顕微鏡により100倍の倍率で1mm×1mmの視野を観察した。その後、析出物および介在物の長径（途中で粒界に接しない条件で粒内に最も長く引ける直線の長さ）を測定して得た値を粒径と定義する。更に、粒径が10μm以上の析出物および介在物のうち、1mm×1mm視野の枠線を交差するものを1/2個、枠線内にあるものを1個として合計個数 $n_1$ 算出し、任意に選んだ10視野における個数 $N (=n_1 + n_2 + \dots + n_{10})$ の平均値 $(N/10)$ をその試料の析出物および介在物の合計個数と定義する。

#### 【0080】

##### <引張強度>

上記の供試材から引張方向と圧延方向が平行になるようにJIS Z 2201に規定される13B号試験片を採取し、JIS Z 2241に規定される方法に従い、室温（25℃）での引張強度 $[TS(MPa)]$ を求めた。

#### 【0081】

##### <導電率>

上記の供試材から長手方向と圧延方向が平行になるように幅10mm×長さ60mmの試験片を採取し、試験片の長手方向に電流を流して試験片の両端の電位差を測定し、4端子法により電気抵抗を求めた。続いてマイクロメータで計測した試験片の体積から、単位体積当たりの電気抵抗（抵抗率）を算出し、多結晶純銅を焼鈍した標準試料の抵抗率 $1.72 \mu\Omega \cdot cm$ との比から導電率 $[IACS(\%)]$ を求めた。

#### 【0082】

##### <耐熱温度>

上記の供試材から幅10mm×長さ10mmの試験片を採取し、圧延面に垂直で、且つ圧延方向と平行な断面を鏡面研磨し、正四角錐のダイヤモンド圧子を荷重50gで試験片に押し込み、荷重とくぼみの表面積との比から定義されるビッカース硬度を測定した。更に、これを所定の温度で2時間加熱し、室温まで冷却した後に、再びビッカース硬度を測定し、その硬度が加熱前の硬度の50%になる加熱温度を耐熱温度とした。

#### 【0083】

##### <曲げ加工性>

上記の供試材から長手方向と圧延方向が平行になるように、幅10mm×長さ60mmの試験片を複数採取し、曲げ部の曲率半径（内径）を変えて、90°曲げ試験を実施した。光学顕微鏡を用いて、試験後の試験片の曲げ部を外側から観察した。そして、割れが発生しない最小の曲率半径を $R$ とし、試験片の厚さ $t$ との比 $B (=R/t)$ を求めた。

#### 【0084】

【表 5】

表 5

区分	合金 No.	製造条件										特性					
		1回目圧延		1回目熱処理		2回目圧延		2回目熱処理		① ( $\mu\text{m}^2$ )	② ( $\mu\text{m}$ )	引張 強度 (MPa)	導電率 (%)	耐熱 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	曲げ加工性 B (R/t)	評価	
		冷却 速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	厚さ (mm)	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	時間	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	厚さ (mm)	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )								時間
1	5	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	50	30	710	60	500	1	○
2	6	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	30	20	900	40	450	2	○
3	7	12	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	10	18	1178	20	450	3	○
4	8	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	5	10	1350	10	450	5	○
5	9	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	20	20	800	60	500	1	○
6	10	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	20	20	885	38	450	2	○
7	11	11	25	1.8	400	2h	25	0.1	350	10h	5	0.9	1305	15	500	4	○
8	12	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	8	8	720	68	500	1	○
9	13	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	20	20	915	31	500	2	○
10	14	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	50	32	750	62	500	1	○
11	15	12	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	6	10	920	31	500	2	○
12	16	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	50	3	1180	18	500	2	○
13	17	9	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	10	0	1250	11	500	2	○
14	18	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	3	32	750	62	500	1	○
15	19	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	0	12	925	35	500	2	○
16	20	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	20	10	1362	18	500	5	○
17	21	12	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	10	0.8	1450	14	500	6	○
18	21	10	25	2.1	400	2h	25	0.2	-	-	20	0.1	1390	10	450	4	○
19	22	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	65	31	761	52	500	1	○
20	23	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	52	21	930	34	500	2	○
21	24	9	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	40	5	1365	29	500	4	○
22	24	9	25	1.9	400	2h	25	0.2	-	-	35	1	1192	20	450	2	○
23	25	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	18	0.5	1482	15	500	6	○
24	26	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	0	34	785	48	500	1	○
25	27	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	12	26	934	35	500	2	○
26	28	12	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	23	19	970	31	500	2	○
27	29	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	12	0.1	1492	14	500	6	○
28	30	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	25	30	789	47	500	1	○
29	31	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	50	17	941	28	500	2	○
30	32	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	14	1	1210	15	500	4	○
31	33	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	19	0.8	1376	10	500	5	○
32	34	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	19	0.02	1520	5	500	7	○
33	35	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	0	21	850	45	500	2	○
34	36	11	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	32	5	1080	46	500	3	○
35	37	11	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	13	2	1142	30	500	3	○

本発明例

本 発 明 例

「時間」の「h」は時間(hours)を意味する。  
 ①は、「合金中に存在する析出物および介在物のうち粒度が10 $\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数」を意味する。  
 ②は、「表面粗さ」を意味する。

【0085】

【表6】

表 6

区分	合金 No.	製造条件										特性						
		冷却		1回目仕延		1回目熱処理		2回目仕延		2回目熱処理		① (個/mm <sup>2</sup> )	② (μm)	引張 強度 (MPa)	導電率 (%)	耐熱 温度 (°C)	曲げ加工性	
		速度 (°C/h)	温度 (°C)	厚度 (mm)	温度 (°C)	時間	温度 (°C)	厚度 (mm)	温度 (°C)	時間	A (R/V)						B (R/V)	評価
	36	12	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	8	29	750	60	500	1	○	
	37	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	25	12	854	45	500	2	○	
	38	9	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	9	6	1000	30	500	2	○	
	39	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	0	1	1180	22	500	3	○	
	40	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	25	30	720	60	500	1	○	
	41	9	25	1.9	400	2h	25	1.1	350	10h	28	19	842	41	500	2	○	
	42	9	25	1.9	400	2h	25	2.1	350	10h	42	12	998	30	500	2	○	
	43	10	25	2.0	400	2h	25	3.1	350	10h	55	1	1123	29	500	3	○	
	44	12	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	12	34	780	55	500	1	○	
	45	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	55	16	850	42	500	2	○	
	46	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	13	5	1002	28	500	2	○	
	47	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	8	0.2	1200	21	500	4	○	
	48	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	0	16	1120	31	550	3	○	
	49	12	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	50	5	1062	35	450	3	○	
	50	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	72	1	1075	27	450	3	○	
	51	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	42	12	970	40	450	2	○	
	52	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	78	15	975	33	500	2	○	
	53	9	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	60	3	1061	28	500	3	○	
	54	10	25	1.8	400	2h	25	0.1	350	10h	0	1	1059	29	500	3	○	
	55	10	25	1.8	400	2h	25	0.1	350	10h	68	12	954	35	450	2	○	
	56	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	10	0.9	1052	28	450	3	○	
	57	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	72	1	1049	28	450	3	○	
	58	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	5	3	1058	27	450	3	○	
	59	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	48	2	1055	29	450	3	○	
	60	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	2	3	1002	92	450	2	○	
	61	9	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	75	2	1045	35	550	3	○	
	62	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	18	2	1028	92	500	2	○	
	63	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	42	2	1062	27	450	2	○	
	64	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	73	12	950	42	450	2	○	
	65	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	42	2	1061	27	450	3	○	
	66	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	42	9	1006	29	550	2	○	
	67	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	13	12	954	95	450	2	○	
	68	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	8	3	1056	28	480	3	○	
	69	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	88	2	1002	92	500	2	○	
	70	9	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	29	25	880	40	450	2	○	

本 免 明 例

本 発 明 例

「時間」のhは時間(hours)を意味する。  
 ①は、「合金中に存在する析出物および析出物のうち直径が10 $\mu$ m以上のものの単位面積当たりの個数」を意味する。  
 ②は、「結晶粒径」を意味する。

【0086】

【表 7】

表 7

区分	合金 No.	製造条件										特性					
		冷却 速度 (°C/s)	1回目圧延 温度 (°C)	1回目圧延 厚さ (mm)	1回目焼処理 温度 (°C)	1回目焼処理 時間 (h)	2回目圧延 温度 (°C)	2回目圧延 厚さ (mm)	2回目焼処理 温度 (°C)	2回目焼処理 時間 (h)	① (個/mm <sup>2</sup> )	② (μm)	引張 強度 (MPa)	延伸率 (%)	耐熱 温度 (°C)	曲げ加工性 B (R/t)	評価
71	84	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	82	5	1058	29	450	3	○
72	85	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	76	3	1059	28	500	3	○
73	86	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	71	4	1056	28	500	3	○
74	87	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	12	8	1043	28	500	3	○
75	88	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	3	2	1056	30	500	3	○
76	89	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	0	5	1066	34	500	2	○
77	90	12	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	31	1	1059	28	500	3	○
78	91	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	0	1	1059	29	500	3	○
79	92	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	48	1.3	1123	25	600	3	○
80	93	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	45	21	982	45	500	2	○
81	94	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	12	1	1067	28	500	3	○
82	95	9	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	28	1	1058	29	500	3	○
83	96	12	25	2.1	400	2h	25	0.1	360	10h	31	12	978	32	500	2	○
84	97	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	9	2	1082	26	500	3	○
85	98	11	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	18	3	1055	28	500	3	○
86	99	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	26	5	1056	28	500	3	○
87	100	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	24	5	1050	29	500	3	○
88	101	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	0	2	1062	27	500	3	○
89	102	10	25	1.9	400	2h	25	1.1	350	10h	47	11	980	33	500	2	○
90	103	11	25	1.9	400	2h	25	2.1	350	10h	67	19	992	35	500	2	○
91	104	10	25	2.0	400	2h	25	3.1	350	10h	54	3	1060	28	500	3	○
92	105	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	0	4	1055	28	500	3	○
93	106	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	34	18	992	32	500	2	○
94	107	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	80	21	960	35	500	2	○
95	108	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	61	5	1058	29	500	3	○
96	109	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	12	1	1100	27	500	3	○
97	110	9	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	74	16	980	33	500	2	○
98	111	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	35	22	950	35	500	2	○
99	112	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	42	14	982	32	500	2	○
100	113	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	93	8	1000	32	500	2	○
101	114	11	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	18	12	1005	62	500	2	○
102	115	12	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	89	15	984	35	500	2	○
103	116	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	75	21	962	43	550	2	○
104	117	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	19	15	1005	35	550	2	○
105	118	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	25	18	980	28	500	2	○

本 発 明 例

本 発 明 例

「時間」のhは時間(hours)を意味する。  
 ①は、「合金中に存在する析出物のうち析出物のうち粗径が10μm以上のものの単位面積当たりの粗径」を意味する。  
 ②は、「析出粗径」を意味する。

【0087】



【表 8】

表 8

区分	合金 No.	製造条件						特性										
		冷却 速度 (°C/s)	1回目圧延 温度 (°C)	厚さ (mm)	1回目焼処理 温度 (°C)	時間	2回目圧延 温度 (°C)	厚さ (mm)	2回目焼処理 温度 (°C)	時間	① (mm <sup>2</sup> )	② (mm)	引張 強度 (MPa)	導電率 (%)	耐熱 温度 (°C)	曲げ加工性 B 日 (R/s)	評価	
本発明例	106	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	34	500	2	○				
	107	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	36	500	2	○				
	108	121	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	25	500	2	○			
	109	122	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	69	11	982	32	500	2	○
	110	123	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	5	16	985	31	500	2	○
	111	124	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	12	18	992	34	550	2	○
	112	125	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	10	9	1001	30	500	2	○
	113	126	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	40	13	998	31	500	2	○
	114	127	12	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	45	7	1012	80	500	2	○
	115	128	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	65	19	950	48	500	2	○
	116	129	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	25	8	970	46	600	2	○
	117	130	12	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	81	1	1180	25	500	3	○
	118	131	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	30	13	960	33	500	2	○
	119	132	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	35	12	963	34	500	2	○
	120	133	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	18	24	920	43	500	2	○
	121	50	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	60	30	601	62	450	1	○
	122	51	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	48	30	594	59	450	1	○
	123	52	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	20	28	861	20	450	1	○
	124	53	9	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	32	32	605	58	450	1	○
	125	54	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	45	30	598	60	450	1	○
126	55	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	48	28	604	59	450	1	○	
127	56	11	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	51	30	608	55	450	1	○	
128	57	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	20	20	1201	10	450	3	○	
129	58	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	46	28	861	23	450	2	○	
130	59	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	35	25	940	18	450	2	○	
131	60	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	15	18	1210	9	450	3	○	
132	141	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	35	25	946	45	550	2	○	
133	142	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	52	29	857	42	450	2	○	
134	143	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	58	30	771	52	550	1	○	
135	144	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	69	32	911	49	550	1	○	
136	145	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	62	32	871	43	450	1	○	
137	146	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	28	24	944	52	450	2	○	
138	147	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	17	19	1028	82	550	2	○	
139	148	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	78	30	1295	21	550	2	○	
140	149	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	5	10	1467	7	600	4	○	
141	150	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	16	15	948	43	450	3	○	

①は、合金中に存在する析出物および晶粒の平均粒径が10μm以上のものの単位面積当たりの面積比を意味する。

②は、組織観察を意味する。

①は、「合金中に存在する析出物および介在物のうち、粒径が10μm以上のものの単位面積当たりの個数」を意味する。

②は、「合金中に存在する析出物および介在物のうち、粒径が10μm以上のものの単位面積当たりの個数」を意味する。

【0088】

【表9】

表 9

区分	合金 No.	製造条件										特性						
		冷却 速度 (°C/s)		1回目圧延		1回目熱処理		2回目圧延		2回目熱処理		① (mm <sup>2</sup> ) (mm <sup>2</sup> )	② (μm)	引張 強度 (MPa)	導電率 (%)	耐熱 温度 (°C)	曲げ加工性 B (R/L)	評価
		温度 (°C)	厚さ (mm)	温度 (°C)	厚さ (mm)	時間	温度 (°C)	厚さ (mm)	時間	温度 (°C)	厚さ (mm)							
1	1*	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	81	41	628	3	500	3	×
2	2*	9	25	1.9	400	2h	25	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	3*	10	25	1.8	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	35	15	1000	5	350	5	×
4	4*	11	25	1.8	400	3h	25	1.1	350	10h	>100	89	51	432	3	350	3	×
5	9	0.2*	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	93	42	600	3	440	3	×
6	9	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	98	75	550	3	400	3	×
7	24	0.2*	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	85	25	510	3	350	3	×
8	24	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	52	29	723	3	350	3	×
9	39	0.2*	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	39	45	700	3	350	3	×
10	39	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	42	45	720	3	350	3	×
11	41	0.2*	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	43	43	710	3	350	3	×
12	41	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	45	30	750	3	350	3	×
13	62	0.2*	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	49	23	700	3	350	3	×
14	62	11	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	41	28	780	3	350	3	×
15	98	0.2*	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	48	40	720	3	350	3	×
16	98	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	52	39	750	3	350	3	×
17	134*	9	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	15	15	980	4	350	4	×
18	135*	10	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	88	2	1450	7	350	7	×
19	136*	11	25	1.9	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	12	8	1205	6	350	6	×
20	137*	10	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	3	15	1068	5	350	5	×
21	138*	10	25	2.0	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	3	12	1059	5	350	5	×
22	129*	11	25	2.1	400	2h	25	0.1	350	10h	>100	2	12	1059	5	350	5	×
23	140*	11	25	2.0	400	2h	25	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

比較例

「a」は、化学組成が本発明で規定される範囲を指すことを意味する。  
「b」は、製造条件が本発明で規定される範囲を指すことを意味する。  
「a」は、合金中に存在する析出物の平均径が10μm以上のものを単位面積当たりの個数を意味する。  
①は、「合金中に存在する析出物の平均径が10μm以上のものを単位面積当たりの個数」を意味する。  
②は、「析出物の平均径」を意味する。

【0089】

曲げ加工性の欄の「評価」は、引張強度TSが800MPa以下の板材では $B \leq 2.0$ を満たすもの、引張強度TSが800MPaを超える板材では下記の(b)式を満たす場合を「○」とし、これらを満たさない場合を「×」とした。

【0090】

$$B \leq 41.2686 - 39.4583 \times \exp[-\{(TS - 615.675) / 2358.08\}^2] \quad \dots (b)$$

【0091】

図6は、各実施例の引張強度と導電率との関係を示す図である。なお、図6には、実施例1および2における本発明例の値をプロットしてある。

【0092】

表5～9および図6に示すように、本発明例1～141では、化学組成、ならびに析出物および介在物の合計個数が本発明で規定される範囲にあるので、引張強度および導電率が前述の(a)式を満たしていた。従って、これらの合金は、導電率および引張強度のバランスがBe添加Cu合金と同程度またはそれ以上の高いレベルにあるといえる。また、本発明例121～131は、同一成分系で添加量および／または製造条件を微調整した例である。これらの合金については図6中の「△」で示すような引張強度と導電率との関係を有し、従来未知

られているCu合金の特性を持ったCu合金であるといえる。このように、本発明のCu合金は、引張強度および導電率のバリエーションが豊富であることが分かる。また、耐熱温度においても、500℃といずれも高い水準が維持されていた。さらに、曲げ特性も良好であった。

#### 【0093】

一方、比較例1~4および17~23は、Cr、TiおよびZrのいずれかの含有量が本発明で規定される範囲を外れ、曲げ加工性に劣っていた。特に、比較例17~23は、第1群~第5群の元素の合計含有量も本発明で規定される範囲を外れるので、導電率が低かった。

#### 【0094】

比較例5~16はいずれも本発明で規定される化学組成を有する合金の例である。しかし、5、7、9、11、13および15は casting 後の冷却速度が遅く、また、比較例6、8、10、12、14および16は溶体化処理を行ったために、いずれも析出物および介在物の合計個数が本発明で規定される範囲を上回り、曲げ加工性に劣っていた。更に、溶体化処理を実施した比較例は、同じ化学組成の本発明の合金（本発明例の5、21、37、39、49および85と比較し、引張強度および導電率に劣る。

#### 【0095】

比較例2および23は、2回目圧延で耳割れがひどく試料採取が不可能であったため特性評価に到らなかった。

#### 【実施例2】

#### 【0096】

次に、プロセスの影響を調査するために、表2~表4に示すNo.67、114および127の化学組成を有するCu合金を高周波溶解炉で溶製し、セラミックス製の鑄型に深さ15mmまで鑄込み、厚み15mm×幅100mm×長さ130mmの鑄片を得た後、鑄造直後の温度である900℃から450℃までの温度域において噴霧冷却により所定の冷却速度で冷却した。この鑄片から表10~12に示す条件で供試材を作製した。得られた供試材について、上記と同様に、析出物および介在物の合計個数、引張強度、導電率、耐熱温度および曲げ加工性を調査した。これらの結果も表10~12に併記する。

#### 【0097】

【表10】

表 10

区分	合金 No.	製造条件										特性										
		冷知 速度 (°C/s)		1回目仕延		1回自然処理		2回目仕延		2回自然処理		3回目仕延		3回自然処理		① (個/mm <sup>2</sup> )	② (μm)	引張 強度 (N/MPa)	導電 率 (%)	耐熱 温度 (°C)	曲げ加工性 B (R/s)	評価
		温度 (°C)	厚さ (mm)	温度 (°C)	厚さ (mm)	温度 (°C)	厚さ (mm)	温度 (°C)	厚さ (mm)	温度 (°C)	厚さ (mm)	温度 (°C)	厚さ (mm)	時間	雰囲気							
	142	67	0.5	25	8.1	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	143	67	2.0	25	7.8	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	144	67	10.0	25	8.0	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	145	67	0.5	25	5.1	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	146	67	2.0	25	4.9	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	147	67	10.0	25	4.9	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	148	67	5.0	25	0.6	400	2h	Ar	25	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	149	67	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	25	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	150	67	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	200	0.2	350	10h	Ar	25	0.1	300	1h	Ar	45	15	500	3
	151	67	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	250	0.2	350	10h	Ar	200	0.1	300	2h	Ar	39	15	500	3
	152	67	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	250	0.2	350	10h	Ar	25	0.1	290	8h	Ar	48	20	500	3
	153	67	2.0	25	0.6	400	2h	Ar	25	0.2	400	1h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	154	67	10.0	25	0.6	400	2h	Ar	200	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	155	67	10.0	25	0.6	400	2h	真空	200	0.1	300	20h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	156	67	10.0	50	0.6	400	2h	真空	200	0.1	400	30h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	157	67	10.0	100	0.6	400	2h	真空	200	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	158	67	10.0	350	0.6	400	2h	真空	250	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	159	67	10.0	450	0.6	400	2h	真空	25	0.1	350	10h	真空	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	160	67	10.0	25	0.6	550	10h	Ar	25	0.1	400	2h	真空	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	161	67	10.0	25	0.6	500	10h	Ar	25	0.1	400	30h	真空	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	162	67	10.0	25	0.6	350	72h	Ar	200	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	163	67	10.0	25	0.6	280	72h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	164	114	0.5	25	8.1	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	165	114	2.0	25	7.8	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	真空	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	166	114	10.0	25	8.0	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	167	114	0.5	25	5.1	400	2h	Ar	25	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	168	114	2.0	25	4.9	400	2h	Ar	25	0.1	325	18h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	169	114	10.0	25	4.9	400	2h	Ar	25	0.1	300	24h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	170	114	5.0	25	0.6	400	2h	Ar	25	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	171	114	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	25	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	—	—	—	○

本発明例

本 表 明 例

「焼戻し」は、焼戻し温度を意味する。  
「焼戻し」の「Ar」はアルゴンガス雰囲気、「真空」は13.3Paの真空中、「大気」は大気中で焼戻しを行ったことを意味する。  
①は、「合金中に存在する析出物および析出物のうち直径が10μm以上のものの単位面積当たりの個数」を意味する。  
②は、「焼戻し温度」を意味する。

【0098】

【表11】

表 11

区分	合金 No.	製造条件												特性										
		冷却		1回目圧延		1回目熱処理		2回目圧延		2回目熱処理		3回目圧延		3回目熱処理		① (個/mm <sup>2</sup> )	② (μm)	引張 強度 (MPa)	伸 率 (%)	耐熱 温度 (℃)	曲げ加工性 B (R/c)			
		速度 (℃/s)	温度 (℃)	厚さ (mm)	温度 (℃)	時間	雰囲気	厚さ (mm)	温度 (℃)	時間	雰囲気	厚さ (mm)	温度 (℃)	時間	雰囲気									
本 実 例	172	114	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	真空	25	0.1	300	1h	Ar	54	1	1076	28	500	3	○
	173	114	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	真空	25	0.1	300	2h	Ar	45	2	1091	26	500	3	○
	174	114	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	25	0.1	280	8h	Ar	55	15	952	35	500	2	○
	175	114	2.0	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	400	1h	Ar	—	—	—	—	—	35	17	962	34	500	2	○
	176	114	10.0	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	25	6	1046	24	500	3	○
	177	114	10.0	25	0.6	400	2h	真空	0.1	300	20h	Ar	—	—	—	—	—	0	5	1025	25	500	2	○
	178	114	10.0	50	0.6	400	2h	真空	0.1	400	30h	Ar	—	—	—	—	—	0	6	1027	22	500	2	○
	179	114	10.0	100	0.6	400	2h	真空	0.1	350	10h	真空	—	—	—	—	—	0	7	1029	23	500	2	○
	180	114	10.0	350	0.6	400	2h	真空	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	0	3	1049	21	500	2	○
	181	114	10.0	450	0.6	400	2h	真空	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	0	27	840	48	500	2	○
	182	114	10.0	25	0.6	550	10h	Ar	0.1	400	2h	Ar	—	—	—	—	—	0	15	968	30	500	2	○
	183	114	10.0	25	0.6	500	10h	Ar	0.1	400	30h	Ar	—	—	—	—	—	0	12	964	34	500	2	○
	184	114	10.0	25	0.6	350	72h	Ar	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	39	2	1142	27	500	3	○
	185	114	10.0	25	0.6	350	72h	Ar	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	25	0.5	1005	21	450	2	○
	186	114	10.0	25	0.6	280	72h	Ar	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	65	21	847	49	500	2	○
	187	127	0.5	25	7.9	400	2h	Ar	0.1	350	10h	真空	—	—	—	—	—	75	23	864	40	500	2	○
	188	127	2.0	25	7.9	400	2h	Ar	0.1	350	10h	真空	—	—	—	—	—	42	21	869	41	500	2	○
	189	127	10.0	25	7.8	400	2h	Ar	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	65	25	860	45	500	2	○
	190	127	0.5	25	5.0	400	2h	Ar	0.1	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	18	14	950	36	500	2	○
	191	127	2.0	25	5.0	400	2h	Ar	0.1	325	18h	Ar	—	—	—	—	—	21	13	954	32	500	2	○
	192	127	10.0	25	4.9	400	2h	Ar	0.1	300	24h	Ar	—	—	—	—	—	0	6	1004	27	500	2	○
193	127	0.2	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	17	17	945	38	350	2	○	
194	127	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	0	6	1085	25	500	3	○	
195	127	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	0	4	1112	25	500	3	○	
196	127	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	0	1	1012	22	450	2	○	
197	127	0.5	25	0.5	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	0	2	1125	20	500	3	○	
198	127	0.5	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	5	6	1022	23	500	2	○	
199	127	2.0	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	400	1h	Ar	—	—	—	—	—	0	5	1026	21	500	2	○	
200	127	10.0	25	0.6	400	2h	Ar	0.2	350	10h	Ar	—	—	—	—	—	0	8	1083	22	500	3	○	
201	127	10.0	25	0.6	400	2h	真空	0.1	300	20h	Ar	—	—	—	—	—	12	5	1058	27	500	3	○	

本発明例

「時間」の「h」は、時間(hour)を意味する。

「雰囲気」の「Ar」はアルゴンガス雰囲気、「真空」は13Paの真空中、「大気」は大気中で時刻を行なったことを意味する。

①は、「合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が10 $\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数」を意味する。

②は、「析出物」を意味する。

【0099】

【表12】

表 12

区分	合金 No.	製造条件												特性							
		1回目圧延		1回目熱処理		2回目圧延		2回目熱処理		3回目圧延		3回目熱処理		① ( $\mu\text{m}^2$ )	② ( $\mu\text{m}$ )	引張 強度 (MPa)	導電 率 (%)	耐熱 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	曲げ加工性 B (R/t)	評価	
		温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	厚さ (mm)	速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )	時間	雰囲気	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	厚さ (mm)	速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )	時間	雰囲気	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	厚さ (mm)								速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )
本発明例	202	127	10.0	50	0.6	400	200	400	0.1	400	30m	Ar	—	—	16	1	1130	23	500	3	○
	203	127	10.0	100	0.6	400	200	400	0.1	350	10h	Ar	—	—	14	1	1134	22	500	3	○
	204	127	10.0	350	0.6	400	25	400	0.1	350	10h	Ar	—	—	19	2	1085	25	500	3	○
	205	127	10.0	450	0.6	400	25	400	0.1	350	10h	Ar	—	—	15	19	903	36	500	2	○
	206	127	10.0	25	0.6	550	10m	Ar	25	400	2h	Ar	—	—	16	5	1004	29	500	2	○
	207	127	10.0	25	0.6	500	10m	Ar	25	400	30m	Ar	—	—	18	6	1031	28	500	2	○
	208	127	10.0	25	0.6	350	72h	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	0	0.2	1262	19	500	3	○
	209	127	10.0	25	0.6	280	72h	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	25	18	909	35	500	2	○
	24	67	0.2*	25	7.9	400	2h	Ar	25	350	10h	真空	—	—	>100	72	502	10	350	3	×
	25	67	0.2*	25	5.0	400	2h	Ar	25	350	10h	真空	—	—	>100	32	798	20	350	3	×
比較例	26	67	10.0	500*	0.6	400	2h	真空	25	350	10h	真空	—	—	>100	52	698	30	350	3	×
	27	67	10.0	25	0.6	260*	10m	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	41	798	15	350	4	×
	28	67	10.0	25	0.6	600*	75h*	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	40	702	25	350	3	×
	29	114	0.2*	25	7.9	400	2h	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	86	486	32	350	4	×
	30	114	0.2*	25	5.0	400	2h	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	79	686	49	350	3	×
	31	114	10.0	500*	0.6	400	2h	真空	25	350	10h	Ar	—	—	>100	62	618	35	350	3	×
	32	114	10.0	25	0.6	260*	10m	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	46	706	20	350	3	×
	33	114	10.0	25	0.6	600*	75h*	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	59	635	31	350	3	×
	34	127	0.2*	25	8.0	400	2h	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	68	504	18	350	3	×
	35	127	0.2*	25	5.0	400	2h	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	39	712	10	350	3	×
36	127	10.0	500*	0.6	400	2h	真空	25	350	10h	Ar	—	—	>100	55	639	30	350	3	×	
37	127	10.0	25	0.6	260*	10m	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	49	729	34	350	4	×	
38	127	10.0	25	0.6	600*	75h*	Ar	25	350	10h	Ar	—	—	>100	52	657	26	350	3	×	

\*は、製造条件が本発明で規定される範囲を越えることを意味する。

「時間」の「h」は、時間(hour)を意味する。

「雰囲気」の「Ar」は、アルゴンガス雰囲気、「真空」は13.3Paの真空中、「大気」は大気中で焼成を行ったことを意味する。

①は、「合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が10 $\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの総数」を意味する。

②は、「結晶粒径」を意味する。

## 【0100】

表10～12ならびに図6に示すように、本発明例142～209では、冷却条件、圧延条件および時効処理条件のいずれもが本発明で規定される範囲にあるので、析出物および介在物の合計個数が本発明で規定される範囲のCu合金を製造することができた。このため、本発明例ではいずれも、引張強度および導電率が前述の(a)式を満たしていた。また、耐熱温度も高い水準が維持され、曲げ加工性も良好であった。

## 【0101】

一方、比較例24～38では、冷却速度、圧延温度および熱処理温度が本発明範囲から外れるため、析出物が粗大化し析出物の分布が本願発明範囲から外れ曲げ加工性も低下する。

## 【実施例 3】

## 【0102】

表 13 に示す化学組成を有する合金を大気中、高周波炉にて溶解し、下記の 2 種類の方法で連続鋳造した。液相線温度から 450℃ までの平均冷却速度は、一次冷却と水噴霧を用いた二次冷却によって制御した。なお、それぞれの方法において、溶解中は溶湯上部に木炭の粉末を適量添加して溶湯表面部を還元雰囲気とした。

## 【0103】

## ＜連続鋳造方法＞

(1) 横引きでは、上継ぎにて保持炉に注湯したが、その後は同様に木炭を添加して酸化を防止し、グラファイトモールドを用いた間欠引き抜きで鋳片を得た。平均引き抜き速度は 200mm/min であった。

(2) 縦引き法では、タンディッシュに注湯後は同じく木炭で酸化を防止し、タンディッシュから鋳型内へはジルコニア製浸漬ノズルで同じく木炭粉末で覆った層を介して溶湯プール中へ連続注湯した。鋳型は銅合金製水冷鋳型に厚さが 4mm のグラファイトを内張したものを、平均速度 150mm で連続引き抜きした。

## 【0104】

なお、それぞれの冷却速度は、鋳型を出た後の表面を熱電対で数カ所測り、伝熱計算との併用によって算出した。

## 【0105】

得られた鋳片は表面研削した後、表 14 に示す条件で冷間圧延、熱処理、冷間圧延および熱処理を施し、最終的に厚さ 200  $\mu$ m の薄帯を得た。得られた薄帯を用い、上記と同様に、析出物および介在物の合計個数、引張強度、導電率、耐熱温度ならびに曲げ加工性を調査した。これらの結果も表 14 に併記する。

## 【0106】

## 【表 13】

表 13

化学組成(質量%、残部: Cu および不純物)					
Cr	Ti	Zr	Sn	P	Ag
1.01	1.49	0.05	0.4	0.1	0.2

## 【0107】

【表 14】

表 14

製造条件																					
鑄造 方法	鑄片 断面 (mm×mm)	溶込 温度 (°C)	冷却 速度 (°C/s)	1回目圧延			1回目熱処理			2回目圧延			2回目熱処理			① (個/mm <sup>3</sup> )	② (μm)	特性			
				温度 (°C)	厚さ (mm)	速度 (°C)	時間	雰囲気	温度 (°C)	厚さ (mm)	速度 (°C)	時間	雰囲気	引張 強度 (MPa)	導電率 (%)			耐熱 温度 (°C)	曲げ加工性		
																			B	評価	
横引き	25×60	1350	25	25	2.5	400	2h	Ar	25	0.2	850	4h	Ar	2	5	1180	40	500	1	○	
縦引き	65×300	1340	5	280	5	400	2h	Ar	200	0.2	950	4h	Ar	2	2	1250	42	500	1	○	

①は、「合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が10 $\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの個数」を意味する。  
②は、「組織粗大さ」を意味する。

## 【0108】

表14に示すように、いずれの鑄造方法においても高い引張強度と導電率の合金が得られ、本発明方法が実際の鑄造機に適用できることが分かった。

## 【実施例4】

## 【0109】

安全工具への適用を評価すべく、以下の方法で試料を作製し、摩耗性（ビッカース硬度）および耐火花性を評価した。

## 【0110】

表15に示す合金を大気中、高周波炉にて溶解し、ダービル法によって金型鑄造した。即ち、図7(a)に示すような状態で金型を保持し、木炭粉末で還元雰囲気確保しながら約1300°Cの溶湯を金型に注湯した後、これを図7(b)に示す様に傾転して図7(c)の状態凝固させて鑄片を作製した。金型は厚さが50mmの鑄鉄製としその内部に冷却用穴を開けて空気冷却できるように配管した。鑄片は注湯が容易になるように楔形とし、下断面が $\phi 30 \times 300$ 、上断面が $\phi 50 \times 400\text{mm}$ 、高さが700mmとした。

## 【0111】



得られた鋳片の下端から300mmまでの部分を採取して表面研削後、冷間圧延(30→10mm)→熱処理(375℃×16h)を施し、厚さ10mmの板を得た。これらの板を用い、上記の方法により析出物および介在物の合計個数、引張強度、導電率、耐熱温度および曲げ加工性を調査し、更に、下記の方法により耐摩耗性、熱伝導度および耐火花発生性を調査した。これらの結果を表15に併記する。

【0112】

＜耐摩耗性＞

供試材からそれぞれ幅10mm×長さ10mmの試験片を採取し、圧延面に垂直で、且つ圧延方向と平行な断面を鏡面研磨し、JIS Z 2244に規定される方法により、25℃、荷重9.8Nでのビッカース硬さを測定した。

【0113】

＜熱伝導度＞

熱伝導度[TC(W/m・K)]は、上記の導電率[IACS(%)]を、図5中に記載の式「 $TC = 14.804 + 3.8172 \times IACS$ 」から求めた。

【0114】

＜耐火花発生性＞

回転数が12000rpmの卓上グラインダーを使用しJIS G 0566に規定される方法に準じた火花試験を行い、目視により火花発生の有無を確認した。

【0115】

なお、下断面から100mm位置の鋳型内壁面下5mmの位置に熱電対を挿入して測温し、伝熱計算から得た液相線に基づいて求めた450℃までの平均冷却速度は、10℃/sであった。

【0116】

【表15】

表 15

区分	組成(wt%)						① ( $\mu\text{m}/\text{mm}^2$ )	② ( $\mu\text{m}$ )	引張 強度 (MPa)	導電率 (%)	耐熱 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	曲げ加工性		耐摩 耗性 (Hv)	熱伝 導度 (W/m $\cdot$ K)	火花 発生の 有無
	Cr	Ti	Zr	Sn	P	Ag						B (R/t)	評価			
210	1.5	0.8	1.00	1.00	0.01	0.10	28	25	920	42	400	1	○	287	175	無し
211	1.0	1.5	-	0.40	-	-	10	12	1204	28	450	2	○	369	122	無し
212	0.5	1.0	0.01	0.80	0.02	0.80	21	20	989	40	450	1	○	307	167	無し
213	1.0	1.0	0.60	0.50	0.05	0.30	25	18	1006	30	450	2	○	312	129	無し
39	-	6.00	5.20	-	0.10	0.50	>100	2	1398	1	350	6	×	425	19	有り
40	5.00	0.05	5.5	0.10	0.10	-	>100	1	1312	1	350	6	×	400	20	有り

①は、「合金中に存在する析出物および介在物のうち粒径が10 $\mu\text{m}$ 以上のものの単位面積当たりの総数」を意味する。

②は、「結晶粒径」を意味する。

## 【0117】

表15に示すように、本発明例210～213では、耐摩耗性が良好で、熱伝導度も大きく、火花が観察されることはなかった。一方、比較例39および40は、いずれも本発明で規定される化学組成を満たさないため、熱伝導度が小さく、火花が観察された。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0118】

本発明によれば、Be等の環境に有害な元素を含まないCu合金であって、製品バリエーションが豊富であり、更に、高温強度および加工性にも優れ、更に、安全工具用材料に要求される性能、即ち、熱伝導度、耐摩耗性および耐火花発生性にも優れるCu合金、およびその製造方法を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0119】

【図1】非特許文献1に記載されたBe等の有害元素を含まないCu合金の引張強度と導電率との関係を整理したものである。

【図2】Ti-Cr二元系状態図である。

【図3】Zr-Cr二元系状態図である。

【図4】Ti-Zr二元系状態図である。

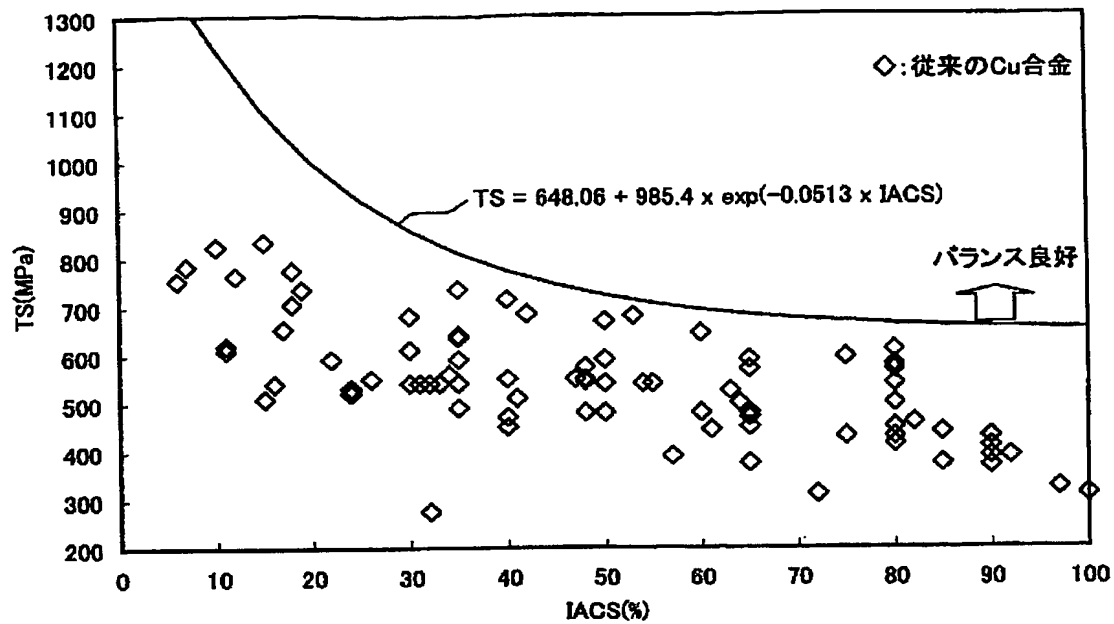
【図5】導電率と熱伝導度との関係を示す図である。

【図6】各実施例の引張強度と導電率との関係を示す図である。

【図7】ダービル法による鑄造方法を示す模式図である。

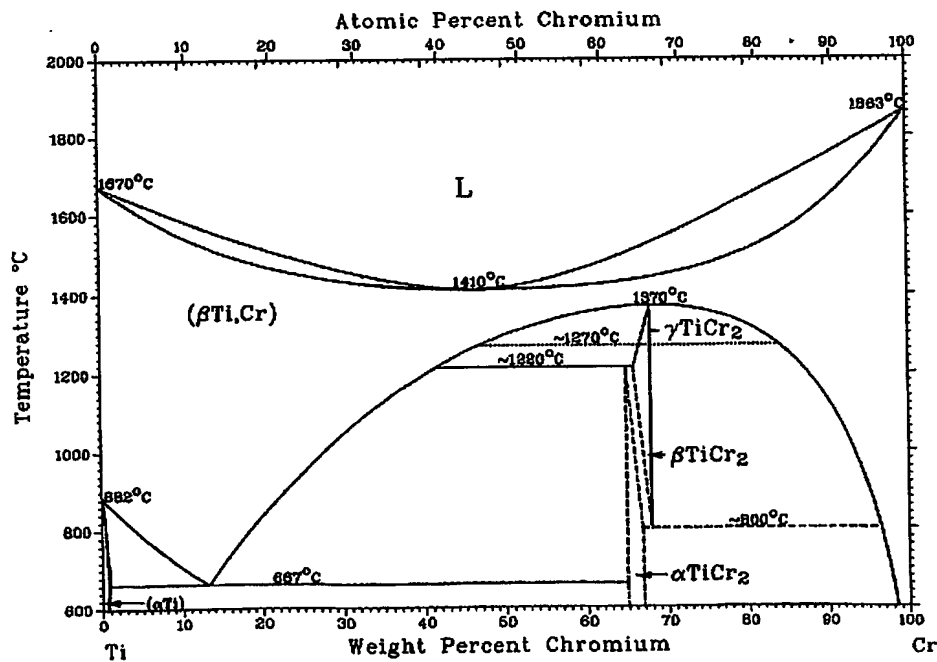
【書類名】図面

【図 1】



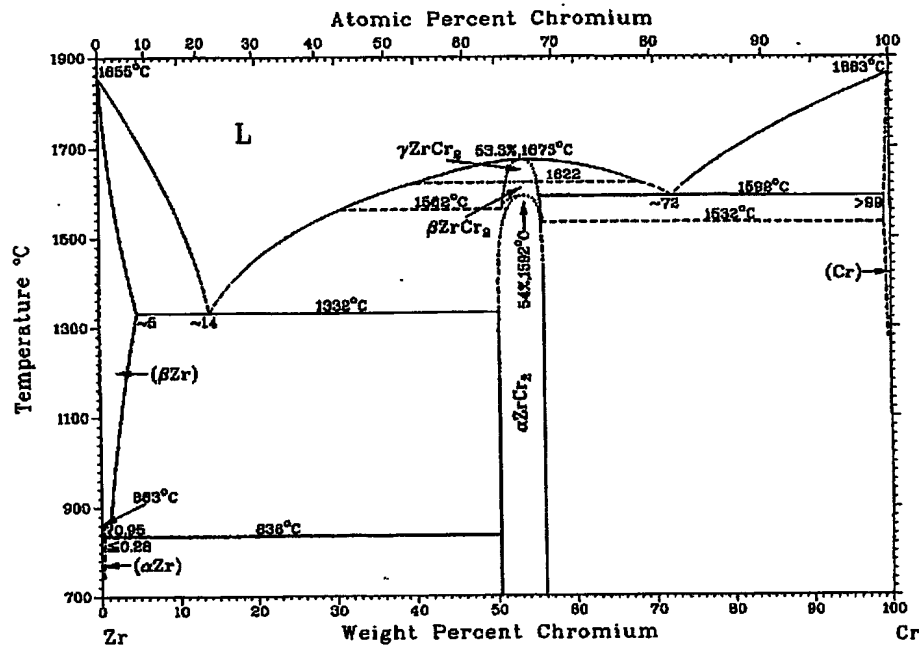
【図 2】

Assessed Ti-Cr phase diagram.



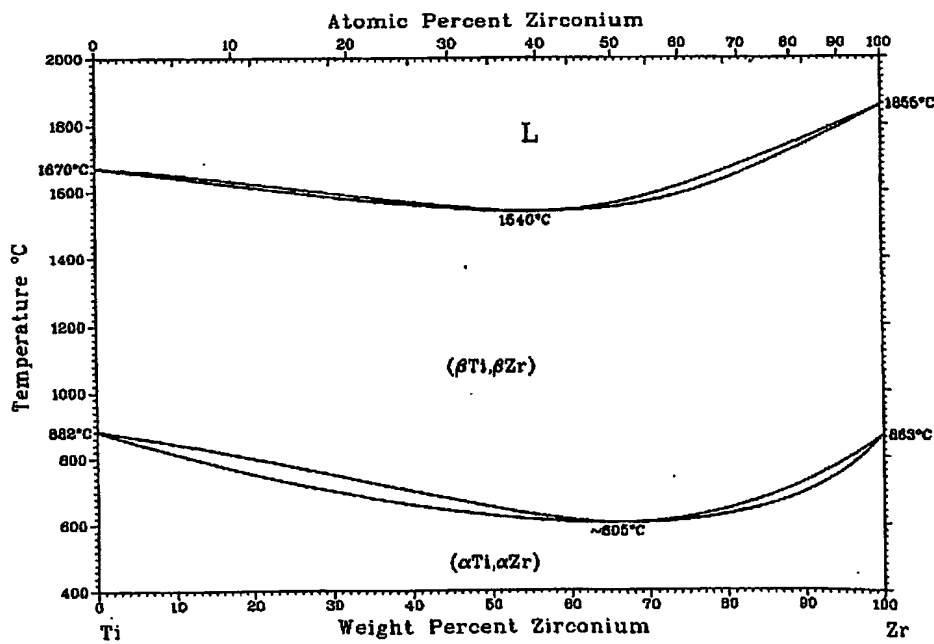
【図 3】

Assessed Zr-Cr phase diagram. Solid line is evaluated. Dashed line is probable. Dotted line is uncertain.

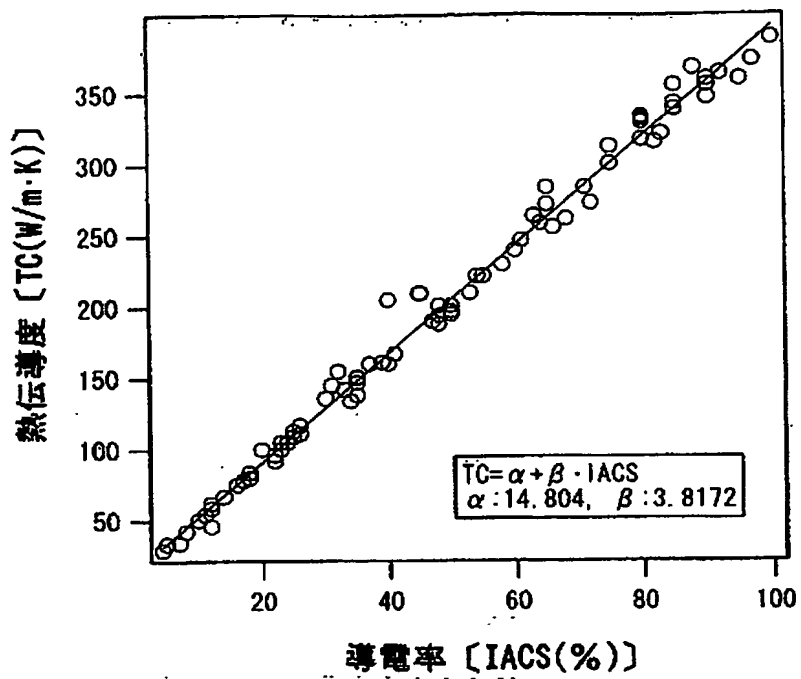


【図 4】

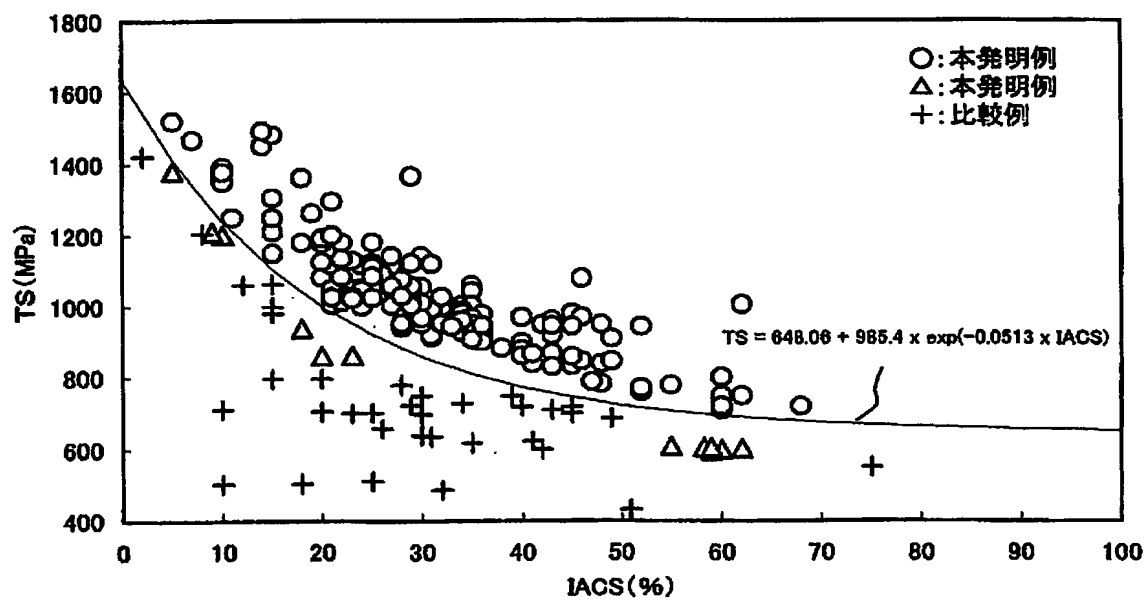
Assessed Ti-Zr phase diagram.



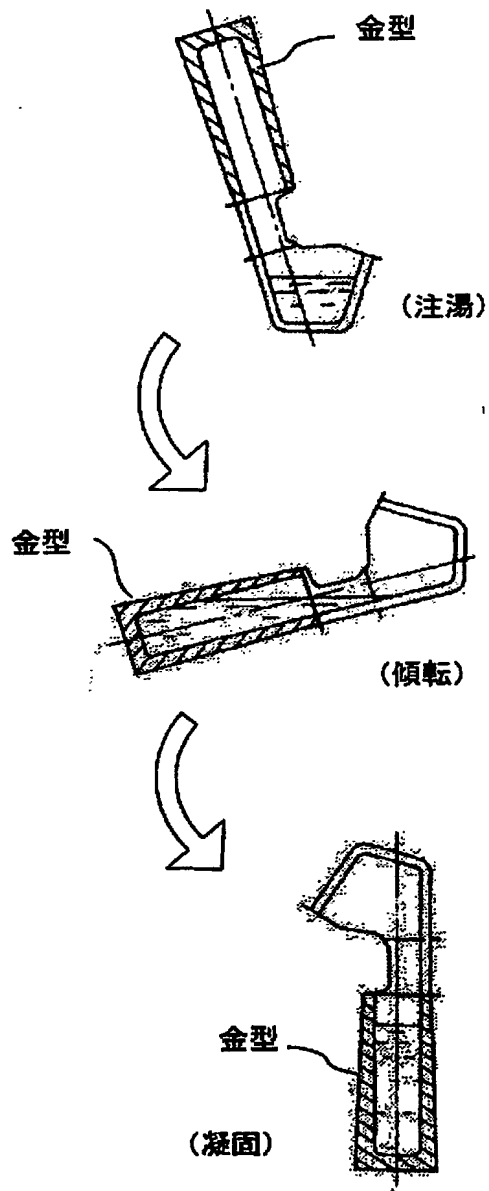
【図5】



【図6】



【図 7】



## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】 Be等の環境に有害な元素を含まないCu合金であって、導電率、引張強度および高温強度の各種性能が良好なCu合金の提供。

【解決手段】 (1) 質量%で、Cr、TiおよびZrの2種以上を含有し、残部がCuおよび不純物からなり、粒径が $10\mu\text{m}$ 以上の析出物および介在物の単位面積当たりの個数が合計で $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であるCu合金。Cuの一部に代えて、Ag、P等の1種以上、Mg等を含有してもよい。このCu合金は、溶製、鑄造後、少なくとも鑄造直後の鑄片温度から $450^\circ\text{C}$ までの温度域において $0.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で冷却することにより得られる。この冷却後、 $450^\circ\text{C}$ 以下の温度域で加工した後、 $280\sim 550^\circ\text{C}$ の温度域で10分～72時間保持する熱処理に供することが望ましく、この加工および熱処理を複数回行うことが更に望ましい。

【選択図】 なし



## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2004-025066
受付番号	50400163990
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成 16 年 2 月 5 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】	平成16年 2月 2日
【特許出願人】	
【識別番号】	000002118
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
【氏名又は名称】	住友金属工業株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100083585
【住所又は居所】	兵庫県尼崎市東難波町5丁目17番23号 穂上 特許事務所
【氏名又は名称】	穂上 照忠
【選任した代理人】	
【識別番号】	100093469
【住所又は居所】	兵庫県尼崎市東難波町5-17-23 穂上特許 事務所
【氏名又は名称】	杉岡 幹二

特願 2004-025066

出願人履歴情報

識別番号

[000002118]

1. 変更年月日

1990年 8月16日

[変更理由]

新規登録

住所

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

氏名

住友金属工業株式会社